

# Bücherei der Faserforschung

herausgegeben von Professor Dr. Friedrich Tobler

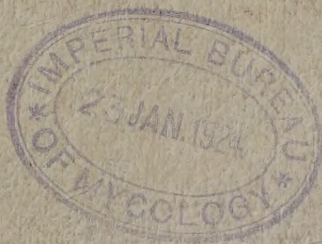
I. Band

## Grundlagen der Röste

von

Dr. Gerhard Ruschmann

Mit 27 Abbildungen



---

Verlag von S. Hirzel in Leipzig 1923





Digitized by the Internet Archive  
in 2025

# Bücherei der Faserforschung

herausgegeben von

Professor Dr. Friedrich Tobler

Direktor des Forschungsinstituts für Bastfasern, Sorau

I. Band



---

---

Verlag von S. Hirzel in Leipzig, 1923

# Grundlagen der Röste

eine wissenschaftlich-technische Einführung

für

Bakteriologen, Landwirte, Röster, Spinner und Fachschüler

von

Dr. Gerhard Ruschmann

Abteilungsvorsteher am Forschungsinstitut Sorau

Mit 27 Abbildungen



---

Verlag von S. Hirzel in Leipzig, 1923

Copyright by S. Hirzel at Leipzig 1923

Alle Rechte vorbehalten

## Vorwort.

Es mangelt eigentlich nicht an Schriften, welche von der Gewinnung wichtiger Pflanzenfasern auf biologischem Wege handeln. In wissenschaftlicher und Fachliteratur finden wir verstreut zahlreiche mehr oder weniger ausführliche Mitteilungen über das Wesen der Röste und über die verschiedenen Arten, die Fasern auf natürliche Weise aus den pflanzlichen Geweben zu isolieren. Diese Darstellungen gehen entweder von rein praktischen Gesichtspunkten aus und lassen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung außer acht, häufig genug zum Schaden der Praxis, oder sie beruhen lediglich auf wissenschaftlichen Untersuchungen. An einer zusammenfassenden Behandlung unserer allmählich reicher gewordenen Kenntnisse auf diesem Gebiete, in welcher Theorie und Praxis gleich berechtigt erscheinen, fehlt es heutzutage. Mit diesem Büchlein soll ein Versuch gemacht werden, die Lücke nach Möglichkeit auszufüllen.

Es müssen daher die in den verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten des In- und Auslandes niedergelegten Resultate behandelt werden, um dem wissenschaftlich Gebildeten eine Möglichkeit zur schnellen Orientierung auf dem Gebiete der die Röste darstellenden Pektinstoffgärung zu gestatten und ihm, im Zusammenhang mit den aus der Technik herrührenden Erfahrungen, die Bedeutung derselben für einen großen Teil unserer Textilindustrie und unseres Wirtschaftslebens vor Augen zu führen. Andererseits sind die theoretischen Ergebnisse über die Biologie der Röste geeignet, dem Praktiker großen Nutzen zu bringen. Bei Betrachtung der für die chemische und bakteriologische Seite der Frage geleisteten Arbeiten stellen wir mit aller Deutlichkeit fest, daß die Wissenschaft von den Zweifeln und den Bedürfnissen der Technik ihre Anregung zu den Untersuchungen empfing, und daß die Erfolge dieser Untersuchungen jedesmal als recht bedeutungsvoll für die Praxis ausfielen.

Dem Röster oder dem irgendwie in praktischer Hinsicht mit der Röstindustrie in Berührung Stehenden soll vorliegende Schrift dazu dienen, sich über die biologischen Vorgänge bei der Röste und über die Gründe der verschiedenen Maßnahmen dabei klar zu werden. Wenn dem Röster mehr als bisher die physiologischen und biologischen Grundlagen der Röste bekannt sind, wird es ihm leichter sein, die Ursachen auftretender Fehler zu entdecken oder die Röste mit Überlegung nach wirtschaftlichen und dabei doch sachgemäßen Gesichtspunkten zu leiten. Auch wird der Röster in den Stand gesetzt, sich über die verschiedenen Röstverfahren ein selbständiges Urteil zu bilden oder neu auftauchenden Methoden gegenüber Stellung zu nehmen. Obwohl ich bemüht war, alle für das Verständnis des Wesens der Röste wichtigen Fragen möglichst vollständig zu erörtern, so kann das Buch doch keinen Anspruch auf restlose Erschöpfung des Themas machen. Schon große Lücken in unserem Wissen bedingen dies. Je nach dem, worauf sich die speziellen Interessen des Lesers erstrecken, werden ihm einzelne Teile reichlich gekürzt erscheinen, andere vielleicht wiederum zu ausführlich. Solche Mängel lassen sich nicht vermeiden. Die chemischen Aufschließungsverfahren werden nur kurz gestreift und zwar dort, wo ein Vergleich mit den biologischen Rösten angebracht ist.

Manches von dem, was über die Röstmethoden gesagt ist, wird bald veralten oder die eine oder andere Ansicht im wissenschaftlichen Teil durch neuere Erkenntnisse überholt werden. Das sind Schwächen, die sich bei jedem schnell erschließenden Wissensgebiet einstellen und nur beweisen, daß von Zeit zu Zeit eine Durchsicht des Inhaltes nötig ist.

So möchte ich nun das Buch der Öffentlichkeit übergeben in der Hoffnung, daß es einem wirklichen Bedürfnis entgegenkommt und jedem, der danach greift, etwas zu geben vermag.

Sorau, Januar 1923.

Gerhard Ruschmann.

## Inhaltsübersicht.

|                                                                                                                                                                 | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort . . . . .                                                                                                                                               | V     |
| Inhaltsübersicht . . . . .                                                                                                                                      | VII   |
| A. Geschichtliches . . . . .                                                                                                                                    | 1     |
| I. Allgemeines: Altertum. — Mittelalter. — Enzyklopä-<br>dien (1800) . . . . .                                                                                  | 1     |
| II. Chemie: Payen (1824). — Frémy, Mangin. — v. Fellenberg<br>(1918). — Ehrlich (1917) . . . . .                                                                | 4     |
| III. Botanik: v. Mohl (1838). — Mangin (1892). — Haven-<br>stein (1875). . . . .                                                                                | 5     |
| IV. Bakteriologie: v. Leeuwenhoek (1683). — Plenciz (1750). —<br>de Latour, Schwann, Kützing. — L. Pasteur (1857—1876). —<br>R. Koch (1881) . . . . .           | 5     |
| V. Pektingärung (Röste): v. Tieghem (1879). — Friebe,<br>Winogradsky (1895). — Behrens, Beijerinck, v. Delden,<br>Störmer (1902—1904) . . . . .                 | 6     |
| VI. Flachs-anbau: Rußland. — Deutschland . . . . .                                                                                                              | 7     |
| VII. Röstmethoden: . . . . .                                                                                                                                    | 7     |
| B. Grundlagen der Röste . . . . .                                                                                                                               | 8     |
| I. Allgemeines: Biologische Rösten. — Chemische, physi-<br>kalische, mechanische Aufschließungsverfahren. — Rösten-<br>Rotten. Fäulnisprozeß . . . . .          | 8     |
| II. Botanisch-anatomischer Teil: Bastfasern. — Mittel-<br>lamelle. — Ablösung der Zellen. — Lein und Hanf. . . . .                                              | 10    |
| III. Chemischer Teil: . . . . .                                                                                                                                 | 14    |
| 1. Stickstofffreie Substanzen. — Pektinstoffe. — Holz-<br>stoff — Zellulose. — Zuckerarten. — Stärke. — Fette<br>und wachsartige Körper. — Gerbstoffe . . . . . | 14    |
| 2. Stickstoffhaltige Substanzen. — Eiweißkörper. —<br>Aminosäuren. — Salpetersäure. — Ammoniumverbindungen. . . . .                                             | 19    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 3. Aschenbestandteile. — Kalium. — Kalzium. — Magnesium. — Eisen. — Schwefel. — Phosphor. — Natrium . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 20    |
| 4. Verteilung der Stoffe . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22    |
| IV. Allgemeine Mykologie: . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 23    |
| 1. Bakterien. — Morphologie. — Masse und Gewicht. — Beweglichkeit. — Bewegungsrichtung. — Vermehrungsgeschwindigkeit. — Sporen. — Sporangium. — Endo- und Artrosporen. — Keimung. — Zellmembran. — Inhaltsbestandteile. — Enzyme. — Ekto- und Endoenzyme. — Antienzyme. — Enzymwirkung. — Stoffwechsel. — Symbiose. — Antagonismus. — Metabiose. — Sauerstoff. — Aërobe und Anaërobe. — Atmung. — Autolyse. — Gärung. — Reaktion. — Temperatur. — Sterilisation. — Pasteurisieren. — Desinfektion. — Systematik . . . . . | 23    |
| 2. Schimmelpilze. — Mycel. — Vermehrung. — Geschlechtliche, ungeschlechtliche Fortpflanzung. — Stoffwechsel . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 40    |
| 3. Sproßpilze. — Hefen, Saccharomyceten. — Morphologie. — Stoffwechsel . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 42    |
| 4. Saccharomyces ähnliche Pilze. — Mycoderma. — Torulaceen. — Oidium . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 43    |
| V. Spezielle Mykologie: . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 45    |
| 1. Bacillus amylobacter . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 46    |
| a) Plectridium Fries . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 47    |
| b) Granulobacter pectinovorum Beijerinck et van Delden . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 47    |
| c) Granulobacter urocephalum . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 48    |
| d) Plectridium pectinovorum Störmer . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 48    |
| e) Clostridium Behrens . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 49    |
| f) Species Bacillus amylobacter. — Variabilität. — Morphologie. — Clostridien, Plectridien und Amylobakterien. — Formen auf Flachs. — Formen auf Hanf . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 49    |
| g) Bacillus amylobacter in der Röste. — Glykogen- und Iogenreaktion. — Anhäufung bei der Röststreife. — Betriebskontrolle. — Herkunft . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 55    |
| 2. Bacillus felsineus Carbone. — Eigenschaften. — Züchtung. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 59    |
| 3. Bacillus Comesii Rossi. — Morphologie. — Physiologie. — Systematische Stellung. — Comesii ähnliche Bakterien . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 61    |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. <i>Rhizopus nigricans</i> . — Systematische Stellung. — Röstseigenschaften . . . . .                      | 64 |
| 5. <i>Mucor hiemalis</i> Wehmer. — Winterlandröste . . . . .                                                 | 66 |
| 6. <i>Cladosporium herbarum</i> Link. — Systematische Stellung. — Vorkommen. — Zellulosezersetzung . . . . . | 66 |

## C. Röstmethoden . . . . . 69

### I. Wasserrösten . . . . . 70

#### 1. Anaërobe Rösten. . . . . 71

##### a) Warmwasserbassinröste. — Künstliche und natürliche Rösten. — Aufschließungsverfahren . . . . . 72

##### α) Physikalische Phase. — Auslaugen. — Löslichkeit der Stoffe. — Auslageverlust. — Dauer der Auslaugung. — Gerbstoffe. — Entweichen der Luft. — Quellung. — Kolloide. — Temperatur. — Osmose. — Farbe . . . . . 73

##### β) Biologische Vorphase. — Röstprozeß. — Grenze der biologischen Vorphase. — Herkunft der Keime. — Rösterreger. — Kampf um die Nährstoffe. — Nebenflora. — Herkunft. — Impfung. — Verbreitung des *Bacillus amylobacter*. — Keimgehalt der Erde, der Luft, des Wassers. — Biologische Selbstreinigung. — Gasentwicklung. — Temperatur. — Biologische Reaktionen. — *Bacterium coli commune*. — *Bacterium fluorescens liquefaciens*. — Fäulnis. — Geruch. — Milchsäurebakterien. — Säuren. — Aërobe Sporenbildner. — *Bacillus mesentericus*. — *Bacillus subtilis*. — *Bacillus asterosporus*. — *Bacillus mycoides*. — *Bacillus megatherium*. — Bedeutung. — Kahlmbautbildner. — Hefen. — *Oidium*. — *Mycoderma*. — *Torulaceen*. — Pilze. — Protozoen. — Vermehrung. — Säurebildung. — Sauerstoff. — Ende . . . . . 84

##### γ) Biologische Hauptphase. — Nährstoffe. — Buttersäure. — Reduktionsvorgänge. — Rösterreger. — Pektinabbau. — Wärmeentwicklung. — Begleitflora. — Organische Säuren. — Wassererneuerung. — Pektinase. — Kolloide . . . . . 118

##### b) Kanalröste. — Anlage. — Auslaugung. — Zellulosegärung. — Feuillet-Röste. — Wassererneuerung. — Künstliche Trocknung. — Organismen auf der Faser . . . . . 133

##### c) Carbone-Röste. . . . . 147

##### d) Kaltwasserröste. — Temperatur. — Röste in stehendem, fließendem Wasser. — Wasser. — Lys-Röste. — Flußröste. — Doppelröste . . . . . 148

|                                                                                                                                                                              | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2. Aërobe Röste. — Rossi-Röste. — Durchlüftung. — Reaktion. — Abwasser . . . . .                                                                                             | 156   |
| II. Landrösten . . . . .                                                                                                                                                     | 162   |
| Sommerlandröste, Winterlandröste, Tauröste. — Pilze. — Bedeutung. — Begleitflora. — Taurösterreger. — Überröste. — Röstbett. — Witterung. — Zellulosegärung. — Faser . . . . | 162   |
| Literaturnachweis . . . . .                                                                                                                                                  | 174   |
| Autorenverzeichnis . . . . .                                                                                                                                                 | 181   |
| Stichwörterverzeichnis . . . . .                                                                                                                                             | 182   |

---

## Geschichtliches.

Wie bei den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaften, so ist auch auf den durch reine Erfahrungen begründeten Wissensgebieten erst eine längere Entwicklung nötig, um sie zu einer Höhe zu bringen, die ein mehr oder weniger abgerundetes Bild zu geben vermag. Viel mehr als in der Wissenschaft muß hier eine Tatsache zur anderen kommen und sich durch langjährige Prüfung der in ihr ruhenden Wahrheit einen rechtsgültigen Platz erobern. Ehe sich aber die Wissenschaft des erfahrungsmäßig bereits hoch entwickelten Röstens von Faserpflanzen annehmen konnte, war schon manches Jahrtausend über die Menschheit dahin gegangen, eine unendliche Zeit im Vergleich zu den wenigen Jahrzehnten, in welchen die Gärungs-bakteriologie auf dem Plan erschien.

Kleider, zu deren Herstellung Flachs diente, wurden schon vor undenklichen Zeiten verfertigt. So berichtet der Bibel nach schon Moses, daß solche von altersher in Ägypten getragen wurden. Sowohl die Tauröste wie die Wasserröste sollen dort in Anwendung gewesen sein. Letztere ist, wenn wir Plinius darüber hören, den Verhältnissen unserer heutigen Warmwasserröste wohl schon sehr nahe gekommen, da die flachen und warmen Wasser des Nils für die Gärung der in den Faserpflanzen enthaltenen Stoffe zweifellos sehr günstig waren. Plinius berichtet über die ägyptische Röste: „Das Flachsstroh wird in Wasser getaucht, welches durch die Sonnenhitze erwärmt ist. Es wird durch aufgelegte Gewichte unter Wasser gehalten. Das Ablösen des Bastes ist ein Zeichen dafür, daß das Stroh genügend geröstet ist. Darauf wird es aus dem Wasser herausgenommen und öfters in der Sonne gewendet, bis es vollständig trocken geworden ist.“ Für die Tauröste wird die starke Abkühlung der Nächte genügend Feuchtigkeit gebracht haben.

Von Ägypten kam dann der Gebrauch der Leinwand nach Athen und schließlich nach Italien. Den alten Pfahlbaubewohnern der Schweiz, die sich bekanntlich auch die Gespinstpflanzen zu Nutze machten, hat es an günstiger

Gelegenheit zum Rösten nicht gefehlt. Im Mittelalter kleidete sich dann die vornehme deutsche Frau mit Leinwand, die man damals noch aus Italien bezog.

Das Bekanntsein solcher Verfahren zur Gewinnung der Flachsfasern darf durchaus nicht wundernehmen, denn Gärungen einfacher Art sind von jeher von den Menschen benutzt worden, um zu Erzeugnissen zu kommen, für die ihnen Wissenschaft und Technik noch keine Grundlage bot. Es sei an die Erzeugung begehrenswerter Stickstoffverbindungen aus angehäuften Kammelmist durch die Einwohner der nördlichen wüstenartigen Teile Afrikas erinnert und an die verschiedenen Herstellungsweisen von alkoholischen Getränken durch Gärung von zuckerhaltigen Pflanzensäften. Die leichte Bereitung der angenehm berauschenden Getränke durch einfaches Stehenlassen der Flüssigkeit mußte selbst die primitivsten Völker dazu führen, sich dauernd solcher Vorgänge zu bedienen.

Nähere Kunde über die Flachsbereitung geben uns dann unsere deutschen technologischen Enzyklopädien von Böhmer, Hermbstädt und Krünitz, die um 1800 entstanden. Namentlich der Letztere kommt in eingehendster Weise auf die verschieden gehandhabten Röstverfahren in vielen Ländern des heutigen Deutschlands zu sprechen und gibt zahlreiche Ratschläge für eine sachgemäße Ausführung derselben. Nicht selten werden so treffende und beherzigenswerte Bemerkungen und Hinweise gegeben, daß auch der heute in der Röstindustrie Stehende von ihnen profitieren kann. Fragen, die jetzt noch immer Anlaß zur Beunruhigung geben oder neu wieder aufgeworfen werden, finden dort auf Grund einer langjährigen Praxis ihre Beantwortung. Häufig genug geht die Entwicklung der aus Erfahrungen sich ergebenden Kenntnisse einen ebenso sicheren Weg wie die Wissenschaft und erreicht somit auch ihr Ziel. Nur ist dieser Weg viel länger.

Die Genauigkeit und das Eingehen auf die Beschreibung aller die Flachsbereitung betreffenden Handlungen lassen erkennen, daß man damals bei uns in einer Blütezeit der Flachs-erzeugung gestanden hat. „Im Erzgebirge und der Oberlausitz“, so gibt Krünitz an, „wurde so viel Flachs gebaut, daß man nicht genügend Gelegenheit hatte, um ihn im Wasser zu rösten. Auch aus anderen Gründen bevorzugte man hier

die Taurotte, die eine Faser von schöner weißer Silberfarbe gab. Die Wasserrotte ist in jenen Gegenden, vorzüglich in der Oberlausitz, wo die feinsten Gewebe gemacht werden, in einem solchen Mißkredit, daß die Garne aus der Niederlausitz, woselbst man sich der Wasserrotte bedient, beständig niedriger im Preise stehen und nicht so gerne genommen werden, weil sie gar zu leicht in der Leinwand nach dem Bleichen, nach der Verschiedenheit der Gewässer, worin der Flachs gerottet hat, Streifen zurückläßt.“ Auf die Erzielung einer guten Farbe wurde überhaupt damals ganz besonders viel Wert gelegt. In Westfalen wurde mit Vorliebe die Wasserröste angewendet, die einen sehr sanften und seidenartigen Flachs brachte, während man die Tauröste vermied, durch die der Flachs eine unangenehme, schwarze oder rötliche Farbe erhielt. Namentlich für den letzteren fanden sich aber nur schwer Abnehmer, da das Garn noch nach der Bleiche etwas rötlich blieb.

Die Wasserröste wurde damals in stehendem und fließendem, in kaltem und auch wärmerem Wasser, das sich bei größerer Flachheit durch die Sonne anwärmte, vorgenommen. Geröstet wurde ferner in ganz klarem, aber mit Vorliebe in faulem Grubenwasser und selbst mit gutem Erfolg in Schlamm bei sehr knapper Wassermenge. Auch gab es am Ende des 18. Jahrhunderts schon einige damals als ganz neu betrachtete chemische Aufschließungsverfahren. Hermbstädt bricht über die Wasserröste regelrecht den Stab und will ausschließlich die Tauröste angewendet haben, die nach Farbe und Zartheit der Faser ein besseres Produkt gibt. In dem von Fischer Fernrode gelieferten Beitrag über die Röste heißt es wörtlich: „Es ist eine sehr üble Gewohnheit, den Flachs in stehendem oder fließendem Wasser rösten zu lassen, da solches außer dem Nachteil für die Gesundheit und dem Verlust für die Besitzer der Fischereien dem Flachseigentümer selbst Schaden bringt.“ Welchen Nachteil für die Gesundheit der Schreiber dieser Zeilen besonders befürchtet, geht aus einer anderen Stelle hervor, wo er sagt, daß der Mensch das verschmutzte, übelriechende Wasser wieder zu trinken bekomme.

Erst verhältnismäßig spät konnten sich die für die Aufklärung der biologischen Vorgänge bei der

Röste in Betracht kommenden wissenschaftlichen Zweige, die Chemie, die Botanik und die Bakteriologie in den Dienst der Praxis stellen. Da die Erkennung der Röste als mikrobiologischer Vorgang nicht möglich war, bevor man in der Bakteriologie die Verbreitung und die Fähigkeiten der kleinsten Lebewesen erforscht hatte, so konnten die aus der Chemie und der Botanik zum Teil schon vorher bekannten und für die Vorgänge bei der Röste wichtigen Tatsachen alleine nichts nützen.

Zuerst bemühte man sich in der Chemie, Klarheit über einen in der Pflanzenwelt vorkommenden neuen Stoff zu schaffen und leistete damit wichtige Vorarbeit für die Erforschung des Röstvorganges. Payen wies schon 1824 auf das Vorkommen eines vegetabilischen Schleimes hin, der zwischen den Membranen von Rindengewebe niedergelegt sein sollte. Später sprach Payen von pektinsaurem Kalk, durch den die Pflanzenzellen miteinander verbunden wären wie mit Zement und gründete darauf folgerichtig ein Verfahren, um die durch ihn zusammengehaltenen Zellen voneinander zu trennen. Er löste nämlich durch schwache Säuren den Kalk heraus und entfernte die dabei entstehende unlösliche Pektinsäure durch Behandlung mit ammoniakalischem Wasser und Überführung in die leicht lösliche Ammoniumverbindung. (Genau nach demselben Muster verfährt das künstliche Aufschließungsverfahren von Baur des Deutschen Reichspatentes 68807.) Damit war eigentlich in rohen Zügen die Grundlage der Röste, abgesehen von der biologischen Seite, bereits damals gegeben. Wie sich später herausstellte, handelt es sich um die Auflösung und Umwandlung dieser Pektinstoffe auch bei der durch Mikroorganismen bewirkten Röste.

Frémy und Mangin untersuchten später genauer die Pektinstoffe, ihr Auftreten in den Pflanzen und die Veränderungen, denen sie beim Wachsen derselben und Reifen der Gewebe unterworfen sind. Doch ist die Chemie der Pektinstoffe gerade erst in den letzten Jahren wesentlich gefördert worden. Als Bausteine wurden verschiedene Zuckerarten nachgewiesen. v. Fellenberg (1918) hat als besonderes Kennzeichen der auf gleiche Weise gewonnenen Pektinstoffe verschiedener Herkunft die Methoxylzahl festgestellt, während Ehrlich (1917) durch

Untersuchungen von Abbauprodukten wertvolle Aufschlüsse über die Konstitution der Pektinkörper gab.

In der Botanik suchte H. von Mohl (1835) über das Auftreten und die Entstehung der Pektinstoffe zwischen den Zellen ins reine zu kommen. Der Nachweis der besonderen Färbbarkeit der Pektinstofflamellen durch Mangin (1892) in Verbindung mit einem nach dem Prinzip Payens angewendeten Lösungsverfahren ermöglichte es, leichter und sicherer auf feinen anatomischen Schnitten das Pektin in den Mittellamellen unverholzter parenchymatischer Gewebe aufzufinden. Zwar wurde der Wert der Färbungsmethoden nicht immer sichergestellt. Schließlich beobachtete Havenstein (1875) beim Lein, daß die Mittellamellen der Bastfaserzellen in chemischer Beziehung anders zusammengesetzt seien als die übrigen. Diese Tatsache konnte von späteren Forschern bestätigt und dann ebenfalls für Hanf nachgewiesen werden. Hierdurch erklärte es sich, weshalb die Bastfaserbündel trotz Auflösung anderer Zellverbände unbeschädigt aus der Röste hervorgehen.

Doch war hiermit die Frage nach der eigentlichen Ursache des Röstvorganges noch nicht gelöst. Erst mußte eine verhältnismäßig junge Wissenschaft uns die Kunde von den Bakterien bringen. Zum erstenmal wurden diese deutlich erkannt von A. v. Leeuwenhoek (1683), der sich mit außerordentlichem Fleiß und großer Geschicklichkeit selbst seine optischen Linsen schliiff. Er war Kaufmann und Beamter in Delft in Holland, leistete aber durch seine Entdeckungen und genauen Beobachtungen so Wertvolles, daß man ihn als den Vater der Bakteriologie bezeichnen muß. Doch schritt die Wissenschaft von den „kleinsten Tierchen“ nur sehr langsam fort. Ungefähr ein Jahrhundert nach v. Leeuwenhoek wurde der erste Versuch unternommen, diese kleinsten Tierchen nach Arten zu unterscheiden und sie in ein System zu bringen.

Für die Gärungsbakteriologie war die von dem Wiener Arzt Plenciz (um 1750) ausgesprochene Ansicht von Bedeutung, nach der die Fäulnis in Flüssigkeiten durch kleine mit unbewaffnetem Auge nicht sichtbare Lebewesen verursacht würde. Begründet wurde diese vitalistische Auffassung der Gärungsvorgänge durch die Forscher de Latour, Schwann und Kützing, deren Arbeiten über die Gärung des Bieres, des

Weines und die Essiggärung unabhängig von einander entstanden. Aber erst die in den Jahren 1857—1876 von dem großen französischen Naturforscher Louis Pasteur gelieferten Beiträge brachten auch die experimentelle Grundlage für jene Anschauung. Er lehrte ein Leben ohne Sauerstoff kennen und bezeichnete die Gärung allgemein als „Leben ohne Luft“. Voll und ganz konnte diese Behauptung, wie sich später herausstellte, nicht aufrecht erhalten werden. Von Pasteur stammen ferner die ersten Versuche und Vorschläge über Herstellung von Reinkulturen, ohne die eine genauere Erforschung des Gärungsvorganges wie der einzelnen Erreger undenkbar war. Doch war die von ihm angegebene Methode noch zu unvollkommen und unsicher, als daß sie wesentliche Fortschritte bringen konnte.

Hier tat den letzten großen Schritt erst der hervorragende deutsche Forscher Robert Koch (1881). Er vereinigte alle Vorteile der bis dahin gemachten Versuche, indem er das Gelatineplattenverfahren einführte, das dann in der ganzen Welt berühmt wurde. Von da ab war der Weg frei für die vielen kleinen und großen Entdeckungen, die einen außerordentlich schnellen Fortschritt in der gesamten Bakteriologie mit sich brachten, sowohl in der medizinischen, die voranging, als auch in der landwirtschaftlichen und in der Gärungstechnik. In der Medizin verlangte die Bekämpfung zahlreicher, verheerend wirkender, ansteckender Krankheiten des Menschen nach einer raschen Lösung, und dafür erstand ihr der große Mann. Wir sehen also, daß eine der Methodik und Technik nach auf gesicherter Grundlage arbeitende moderne Bakteriologie erst gut vier Jahrzehnte besteht.

Von van Tieghem (1879) stammen die ersten Angaben über den mutmaßlichen Erreger der Pektin-gärung, für die wir den landläufigen Ausdruck Röste haben. Er beobachtete auf den in Wasser röstenden Faserpflanzen ein Clostridium. Isoliert und in Reinkultur untersucht wurde dann der Erreger der Flachsröste, ein Plectridium, von Friebes, worüber Winogradsky (1895) kurz berichtet. Es folgten in den Jahren 1902—1904 die wichtigeren Arbeiten von Behrens, Beijerinck, van Delden und Störmer, die in ihren Resultaten zur Hauptsache auch heute noch Geltung haben. Die Bemühungen, die in unserer Röstindustrie vorliegende Pek-

tingärung auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen, sind also noch von ganz jungem Datum.

Obwohl nun die Wissenschaft in der Erforschung der Ursachen und Wirkungen des Röstens große Erfolge gezeitigt hat und auch die gegenseitige Anregung zwischen Wissenschaft und Praxis offen zutage tritt, so ist doch während der gleichen Zeit anstatt einer Förderung des Flachsbaues und der Verarbeitung des Flachses ein außerordentlicher Rückgang in der Gewinnung von Bastfasern auf deutschem Boden zu verzeichnen gewesen. Von einer eigentlichen Röstindustrie konnte bei Ausbruch des Krieges nicht gesprochen werden. Sie entstand erst unter dem Druck der Notwendigkeit. Rußland, das Hauptproduktionsland für Flachs in Europa, brachte in großen Mengen und zu einem billigen Preise seine Erzeugnisse auf den deutschen Markt, sodaß sich bei uns Anbau und Verarbeitung des Flachses als unvorteilhaft erwiesen. Daher nahm in Deutschland die Anbaufläche für Flachs in den Jahren 1872—1913 von 215 000—17 000 ha ab und brachte bei dieser äußerst kleinen Produktionsziffer unser nach der Bevölkerungszahl gleichzeitig dauernd im Wachsen begriffenes deutsches Volk auf diesem Gebiete in völlige Abhängigkeit vom Auslande. Unter solchen Umständen wurde die angebaute Menge Faserpflanzen zumeist auf dem Land in Kleinbetrieben nach alt hergebrachter Weise geröstet. Neue Erfahrungen konnten nicht gemacht werden, neue Röstverfahren nicht aufkommen. Es geriet eher vieles an Bekanntem und Bewährtem in Vergessenheit.

Doch sollten die in der Wissenschaft gewonnenen Kenntnisse auch für die Industrie nicht verloren sein. Der Krieg brachte eine völlige Wendung der Lage. Neben der schnell ansteigenden Anbaufläche, die im Jahre 1920 für Flachs schon wieder 100 000 ha betrug, verschaffte er unserm in Not befindlichen Vaterlande schon zu Anfang die zu einer schnellen industriellen Verarbeitung von Gespinstpflanzen geeignete Kanalröste von H. Schneider, die für die Verarbeitung von Flachs und in etwas abgeänderter Form von Hanf allgemein Aufnahme fand. Die Warmwasserbassinröste erreichte in den letzten Jahren ebenfalls eine größere Verbreitung. Allgemein sieht man, daß auch hier neue Wege beschritten werden. Neben den Anstrengungen, die Erzeugung an Rohstoffen zum Frommen

unserer Volkswirtschaft zu heben, gehen jetzt dauernd die Bestrebungen einher, aus unseren Rohstoffen auch durch die vollkommensten Methoden das Beste, was möglich ist, herauszuholen. An diesem Ziel arbeiten Technik und Wissenschaft in gleicher Weise.

## Grundlagen der Röste.

Unter biologischen Rösten sind alle diejenigen Verfahren zur Gewinnung von Fasern aus Pflanzenteilen zu verstehen, die auf der Mitarbeit von Mikroorganismen beruhen. Wir können natürliche und künstliche Verfahren unterscheiden, obwohl diese Einteilung nicht immer sehr scharf ist. Als künstliche Verfahren bezeichnen wir solche, bei welchen die biologischen Vorgänge der natürlichen Rösten durch Temperatursteigerung, Wassererneuerung oder Zusätze von Bakterien oder chemischen Stoffen künstlich beeinflußt werden. Die biologischen Rösten stehen wieder im Gegensatz zu den Aufschließungsverfahren, die ohne Beteiligung von Mikroorganismen arbeiten. Man kann bei einer Röste nicht im Zweifel darüber sein, ob sie als biologische anzusprechen ist oder nicht. Die Merkmale der Gärung, wie die Entwicklung von Gasen, die üppige Vermehrung der Organismen in der Flüssigkeit und an der Oberfläche, kennzeichnen die biologische Wasserröste zur Genüge. Daß die Landröste ein biologischer Prozeß ist, bedarf keiner besonderen Erwähnung. Man sieht die Entwicklung der bei dieser Art Röste wirksam werdenden Pilze schon mit dem bloßen Auge deutlich auf den Stengeln und Fasern.

Die Aufschließungsverfahren lassen sich, je nachdem sie auf chemische, physikalische oder rein mechanische Wirkung zurückzuführen sind, in weitere Unterabteilungen zerlegen. Unzulässig ist es, von chemischen Rösten zu sprechen, denn das Wort „Rösten“ deutet auf einen biologischen Vorgang hin. Vielleicht wäre es richtiger, auf die Pektingärung von Gespinstpflanzen die früheren Benennungen „Rotten“, „Rötten“ oder „Röthen“ anzuwenden, an deren Stelle erst durch irrümlichen Sprachgebrauch der Ausdruck Rösten getreten ist. Da sich dieser aber bereits in der Schriftsprache unserer techni-

schen Enzyklopädien vor mehr als 120 Jahren findet, so liegt kein Anlaß vor, ohne weiteres wieder von ihm abzugehen.

Das Rösten ist ein Fäulnisprozeß, ein kleiner Ausschnitt aus dem großen Kreis der Erscheinungen, die zum völligen Abbau pflanzlicher und tierischer Stoffe durch die Tätigkeit der Mikroorganismen führen. Bei Beginn der Röste werden durch bestimmte Gruppen von Bakterien und Pilzen die wasserlöslichen und darauf die leichter angreifbaren, wasserunlöslichen pflanzlichen Stoffe zersetzt. Zu letzteren gehören auch die Pektinstoffe, welche von einer engbegrenzten Gruppe Mikroorganismen aufgespalten, zum Aufbau ihrer Leibes-substanz verwendet oder zu Stoffwechselprodukten wie organischen Säuren umgewandelt werden. Auch die chemischen Aufschließungsverfahren zielen auf die Auflösung dieser Pektinstoffe hin, die aber nicht von einer ebenso weitgehenden Zersetzung derselben wie bei der Röste begleitet ist. Vor allem fehlt das Hauptmerkmal für eine Röste, die Mitwirkung der Bakterien. Fäulnisprozesse sind Lebensvorgänge, die sich in grundlegender Weise von einfachen chemischen Reaktionen unterscheiden.

Soll die vorliegende Arbeit ihren Zweck erfüllen, dem Röster ohne Vorkenntnisse Verständnis für das Wesen der Röste geben, so ist es notwendig, dem eigentlichen mykologischen Teil einen kleineren botanisch-anatomischen und einen chemischen Abschnitt vorzuschicken, wenn auch befürchtet werden muß, für den einen oder anderen etwas Bekanntes zu bringen. Ohne näher mit der pflanzlichen Gewebelehre vertraut zu sein, wird es z. B. nicht begreiflich werden, warum eine Loslösung der Faser durch Lockerung der sie umgebenden Gewebe erfolgt. Ebenso muß man über die chemische Natur der verschiedenen Gewebeteile, der Zellwände und des Zellinhaltes unterrichtet sein, um das Wirken der spezifischen Rösterreger und die bei der Röste stattfindenden Umsetzungen verstehen zu können.

In den folgenden Ausführungen findet hauptsächlich der Lein als wichtigste Faserpflanze Deutschlands Berücksichtigung. Der Hanf wird nur dort erwähnt, wo bei der Gewinnung seiner Faser etwas wesentlich Neues in Betracht kommt.

## Botanisch-anatomischer Teil.

Das, was wir mit Bastfaser bezeichnen, ist in der Pflanze, z. B. dem Lein, ein in dem peripherischen Teil der Rinde in der ganzen Länge des Stengels verlaufender Gewebestrang aus Zellen, der in ausgewachsenem Zustande nur mechanische Bedeutung für die Pflanze hat.

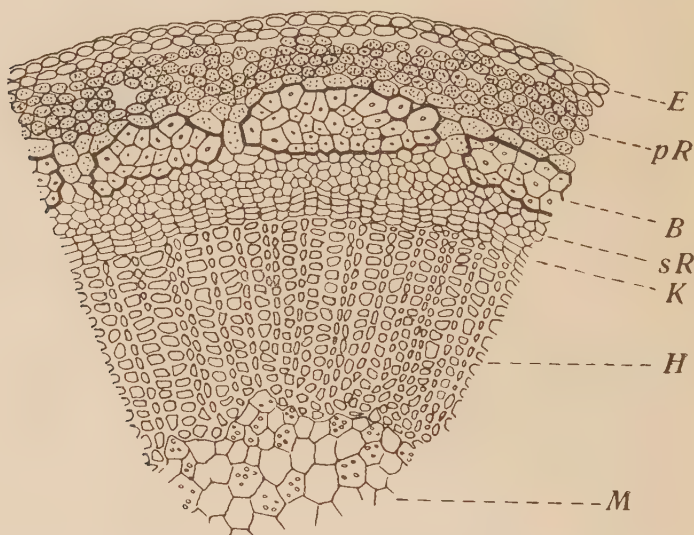


Fig. 1.

Querschnitt durch einen Flachsstengel. E Epidermis oder Oberhaut (ohne Spaltöffnung). pR Primäre Rinde (parenchymatisches Gewebe) mit Luft führenden Zwischenzellräumen oder Interzellularen. B verschiedene Bastbündel seitlich voneinander getrennt durch primäre Markstrahlen. sR Sekundäre Rinde (parenchymatisches Gewebe). K Kambiumschicht, in welcher durch Zellteilungen nach innen und außen hin ein Zuwachs erfolgen kann. H Holzkörper, der beim Knicken und Schwingen die Scheben gibt. M Mark mit Poren (Tüpfeln) in den Zellwänden. Nach Wiesner.

Die in Gruppen und Bändern zusammenliegenden, fest untereinander verbundenen Zellen, die im Einzelzustand eine Länge von 25—30 mm besitzen, dienen der Pflanze, um den dünnen Halmen eine größere Biegsamkeit und Festigkeit zu verleihen, dann aber auch, um zartere Elemente, die sich unmittelbar an jene anschmiegen, zu schützen. Aus dem Übersichtsbild eines Querschnittes durch den Leinstengel (Fig. 1) sind die ange deuteten Verhältnisse leicht zu ersehen. Auf der Innenseite

der von außerordentlich dickwandigen Bastfaserzellen zusammengesetzten Bündel liegen besonders schutzbedürftige Gewebeteile, parenchymatische Zellen, Siebröhren und die sehr zart-

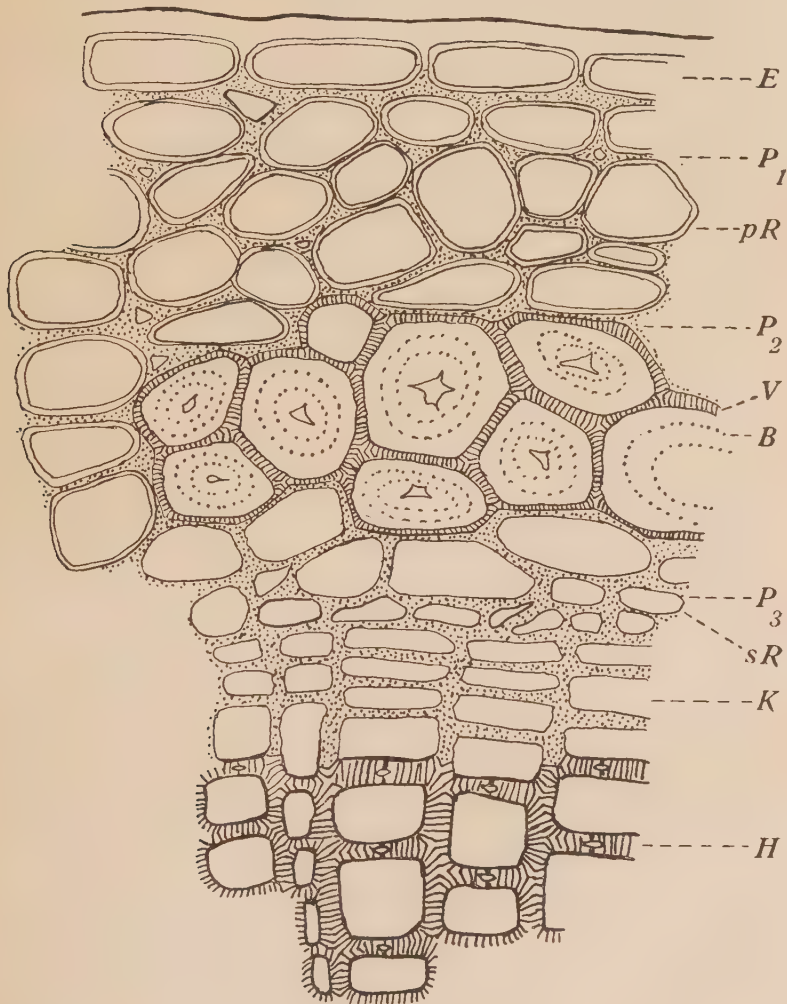


Fig. 2.

Querschnitt durch ein Bastbündel und das umgebende Gewebe, stark vergrößert.  
 E Epidermis. pR Primäre Rinde. B Bastbündel. P Pektinstofflamelle (Mittellamelle), die bis an die Bastfaserzellen heranreicht. V Verholzte Mittellamellen der Bastfaserzellen. sR Sekundäre Rinde. K Kambium. H Holzkörper.

Nach Beijerinck.

wandigen Kambiumzellen. Noch weiter gegen das Zentrum schließt sich der derbwandige harte Holzteil an. Seitlich und nach außen hin sind die Bündel umgeben von lockerem, von Luftgängen durchzogenem Gewebe, das lediglich aus dünnwandigen parenchymatischen Zellen besteht. Dadurch nun, daß die Bastbündel von allen Seiten bis zu ihren äußersten Enden in weiches Gewebe derartiger Zellen eingebettet sind, die untereinander und mit den Bastfasern in Zusammenhang stehen, ist es bedingt, daß sie leicht und schnell bei der Röste zur Absonderung kommen. Das Ziel einer mustergültig arbeitenden Röste ist, die Bastbündel durch die nachfolgende mechanische Bearbeitung aufs reinlichste von allen sie ursprünglich umgebenden Gewebeteilen zu befreien. Wie diese Isolierung der Bastfasern zu denken ist, wird am besten klar an einem stark vergrößerten Teil eines Querschnittes durch ein Bastbündel und das angrenzende Gewebe (Fig. 2).

Die zwischen zwei Parenchymzellen befindliche Wandung wird aus drei Schichten gebildet, den beiden hauptsächlich aus Zellulose bestehenden Zellwänden und der zwischen ihnen durchlaufenden Mittellamelle. Letztere zieht sich ununterbrochen von Zelle zu Zelle durch das ganze Gewebe und ist vorwiegend aus Pektinstoffen zusammengesetzt, der früher sogenannten Interzellulärschicht. Wo nämlich im Zellverbande in den Winkeln mehrerer zusammenstoßender Zellen kleine Hohlräume, Interzellularen, freigelassen sind, werden diese durch die Mittellamelle ausgekleidet.

Es ist nun unschwer einzusehen, daß, wenn die Mittellamelle der Auflösung oder der Zerstörung unterliegt, die sämtlichen nur aus den Zellulosewänden gebildeten Zellen aus ihrem Zusammenhang herausfallen. Hierbei werden die Bastbündel frei. Die Mittellamelle unterliegt aber, sobald sie in das Bereich der Bastfaserzellen eintritt, einem Wechsel in der chemischen Zusammensetzung, wodurch der Auflösungsprozeß der Röste im allgemeinen bei den Bastfasern Halt macht (Fig. 2). In die pektinstoffhaltigen Mittellamellen der Bastbündel ist Lignin, Holzstoff, ein den Eingriffen der Mikroorganismen gegen-

über widerstandsfähiger Körper, eingelagert, der die Mittellamellen bis zu einem gewissen Grade schützt. Die Überröste wird durch Auflösung auch dieser in schräger und paralleler Richtung zwischen den Bastfaserzellen verlaufenden Mittellamellen hervorgerufen. Es bleiben also bei der normal vor sich gehenden Röste sowohl die Bastfaserzellen, deren massige Wandungen ebenso wie die innerste Schicht der parenchymatischen Zellen aus Zellulose bestehen, völlig erhalten als auch ihr Zellverband, sodaß später die unversehrte Faser aus der Röste und den verschiedenen mechanischen Bearbeitungsweisen hervorgeht. Ein radialer Längsschnitt durch die oben gezeichnete Stengelpartie zeigt die Verhältnisse, die sich auf die Freilegung des Faserbündels beziehen, noch deutlicher (Fig. 3).

Die Röste wirkt allerdings nicht so sauber und genau, wie es sich hier theoretisch auf dem Papier macht. Besonders häufig bleiben die unmittelbar den Bastbündeln aufsitzenden Reihen der Parenchymzellen mit mehr oder weniger zersetzten

Zellinhaltsbestandteilen und noch erhalten gebliebenen Pektinstoffen an den Bündeln haften. Die Faser des Schwungflachses zeigt sich dann weithin mit diesen zelligen Resten und auch ganzen Gewebepartien bedeckt. Doch ist auch der Zusammenhang zwischen diesen Zellen und den Fasern schon gelockert,

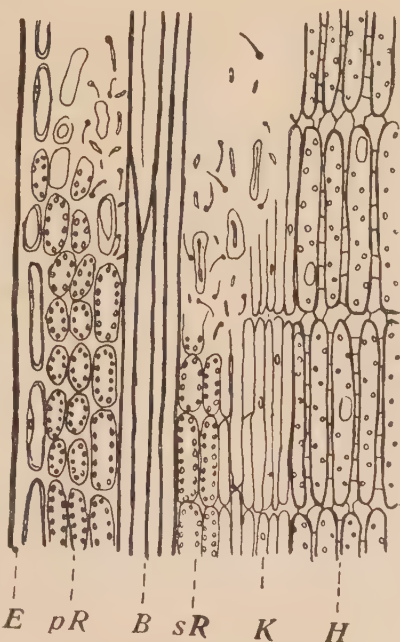


Fig. 3.

Radialer Längsschnitt durch einen Flachsstengel. E Epidermis. pR Primäre Rinde. B Bastbündel. R Sekundäre Rinde. K Kambium. H Holzkörper. Als zarter Schnitt im hängenden Tropfen der Tätigkeit röstender Bakterien ausgesetzt. Man sieht die Auflösung des parenchymatischen Gewebes. Nach Beijerinck.

sodaß beim Hecheln und Bleichen die Überreste weiter beseitigt werden können.

Die hier für Lein wiedergegebenen Verhältnisse treffen in ganz ähnlicher Weise für Hanf zu. Nur laufen die Bastbündel nicht vereinzelt oder in Bändern ungeteilt den ganzen Stengel hinauf, sondern biegen von Zeit zu Zeit seitlich ab und verschmelzen mit den Nachbarbündeln. Es entsteht hierdurch ein netzartiges Gebilde von sich verzweigenden Bastfasern. Auch werden durch Zuwachs aus dem Kambium, das durch Zellteilung nach außen und nach innen neues Gewebe bildet, bei dem Hanf längere Zeit hindurch zu den ersten Faserbündeln neue hinzugefügt. Diese liegen also je nach ihrem Entstehen um so weiter nach außen, je älter sie sind, und zwar in mehreren konzentrischen Ringen angeordnet, während bei dem Lein nur ein Kranz von Bündeln gebildet wird. Die primäre und nachträglich entstandene sekundäre Rinde umgeben beim Hanf in einer bedeutend stärkeren Schicht den Holzkörper, wie es beim Lein der Fall ist. Das völlige Durchdringen der Rinde mit Wasser bei der Röste, das Auslaugen und das Vordringen der Röstbakterien in der Rinde muß infolgedessen beim Hanf langsamer vonstatten gehen.

### Chemischer Teil.

Für die Bakterien und Pilze bei der Röste sind ernährungsphysiologisch nicht nur die Pektinstoffe und die Zellulose (Bastfasersubstanz) von Wichtigkeit, sondern in ebenso hohem Maße die anderen stickstofffreien Substanzen, die Stickstoffverbindungen und die Mineralstoffe. Die aus Stickstoffverbindungen gebildeten Eiweißstoffe stellen die Grundlage für das Leben einer jeden Zelle dar.

**Stickstofffreie Substanzen.** Unter den stickstofffreien Substanzen interessieren uns am meisten die Pektinstoffe, ist doch die Röste eine Pektinstoffgärung. Wir können nicht von dem Pektin als einem einheitlichen Körper im chemischen Sinne sprechen. Die Pektose oder das Protopektin, der zuerst in der Pflanze auftretende Pektinkörper, unterliegt dem Einfluß der lebenden Zelle, der nach Pflanzenart, Wachstum, Reifegrad der Pflanze oder des betreffenden Organes und der

Gewebeart etwas verschieden ist. Das Protopektin ist also die Muttersubstanz der eigentlichen Pektinstoffe.

Erst in den letzten Jahren ist es hauptsächlich Ehrlich und von Fellenberg gelungen, in die sehr verworrenen Anschauungen über die Konstitution der Pektinstoffe mehr Licht zu bringen. Nach Ehrlichs Ansicht ist der Grundbestandteil eine Tetragalakturonsäure, an welcher fest eine oder mehrere Galaktosegruppen hängen. Diese Säure ist zum Teil verestert mit Methylalkohol. Verbunden mit diesem Körper oder vielleicht nur vermisch mit ihm ist eine Arabangruppe. Ehrlich sieht die Pektinstoffe als das Kalzium-Magnesiumsalz einer teilweise mit Methylalkohol veresterten Anhydroarabinogalaktotetragalakturonsäure an.

Auch die neuesten Untersuchungen von E. Correns stellen die Veresterung mit Methylalkohol, die Anwesenheit der Arabangruppe und die nach Ablösung der Arabangruppe resultierenden reinen Hexosesäuren fest. Er vermutet in der Pektose, dem unbekannten, unlöslichen Pektinkörper der Pflanze, eine vollkommen methoxylierte Pektinsäure, die erst zum Teil verseift werden muß, um zu wasserlöslichen Pektinverbindungen zu kommen. Diese Hydrolyse vollzieht sich in der Pflanze beim Reifen unter der Einwirkung von Enzymen oder organischen pflanzlichen Säuren, sodaß wir dann neben der Pektose verschieden stark veresterte Säuren, hauptsächlich in Form des Kalziumsalzes, vor uns haben. Einen mit dem Reifen vergleichbaren Prozeß führt der Chemiker aus, wenn er durch kochendes Wasser oder chemische Agentien Pektose in Lösung bringt. Je mehr Methoxylgruppen der Säure verseift sind, desto löslicher wird sie, um dann als ganz freie Säure wieder vollkommen unlöslich zu werden.

Wir haben es also bei dem Pektin der Mittellamellen mit sehr verschiedenartigen Stoffen zu tun, und damit wird sich manche Beobachtung und Erfahrung aus der Praxis erklären. Hiermit ist zum Teil das unterschiedliche Verhalten von Flachs und Hanf in der Röste in Zusammenhang zu bringen, welches sich abhängig erweist von der Witterung, von Bodenverhältnissen, Zeit der Ernte und noch manchen anderen Faktoren, ebenso das schnellere Rösten von Wurzelteilen gegen-

über den Spitzenteilen eines Flachsstengels. Auch die Wirkung der chemischen und physikalischen Aufschließungsverfahren wird so verständlich. Die Pektinsäure sowohl wie das Kalziumpektat sind in Wasser unlöslich und nur die Alkalisalze lösen sich leicht auf. Entzieht man dem in der Pflanze vorliegenden Kalziumsalz das Kalzium durch anorganische Säuren, wodurch die Pektinsäure ausgefällt wird, und löst diese dann mit Ammoniak oder Alkalien, so tritt die bei der Röste gewünschte Auflösung der Gewebe und Freilegung der Faser ein. Auch die vorhandene Pektose wird bei dieser Behandlung mehr oder weniger in lösliche Verbindungen übergeführt.

Die für die Pektinstoffe entdeckten Farbreaktionen geben uns ein gutes Mittel an die Hand, unsere Kenntnisse über sie und ihre Verbreitung in der Pflanze in wertvoller Weise zu ergänzen. Nach Tschirch ist eine Lösung von Rutheniumrot geeignet, das unveränderte Pektin zu färben, aber weniger die aus ihm durch Umwandlung hervorgehenden Pektinstoffe. Mit Hilfe ähnlicher mikrochemischer Reaktionen erkennen wir sogar deutlich, daß die Mittellamelle zwischen Bastfaserzelle und Parenchym in einen aus Pektinstoff bestehenden, letzterem angehörenden und einen schon zu der Bastfaserzelle zu rechnenden, verholzten Teil zerfällt (Fig. 2). Durch die Lösung der schmalen pektinhaltigen Schicht tritt, theoretisch genommen, die reinliche Scheidung der Faser von dem umgebenden Gewebe ein.

Die Bastfaserzellen sind untereinander durch eine verholzte Mittellamelle verbunden. Gewisse Reaktionen zeigen aber nicht nur die Anwesenheit von Holzstoff, sondern auch die von Pektinstoffen mit genügender Schärfe. Diese Tatsache ist ganz begreiflich, da die Bindesubstanz anfänglich wie alle Mittellamellen in jungen Geweben aus Pektinstoffen besteht. Die Verholzung der Membranen tritt in der Pflanze erst nach völliger Ausbildung der Zellen oder Gewebe ein und dient dazu, die Zellwände zu versteifen oder doch festzulegen, sodaß nachher Veränderungen in morphologischer oder chemischer Beziehung erschwert sind. Der Verholzungsprozeß setzt also verhältnismäßig spät ein und

findet derart statt, daß unter dem Einfluß des lebenden Protoplasten Veränderungen und Einlagerungen in den wahrscheinlich nicht mehr von lebender Substanz durchsetzten Membranen hervorgerufen werden. Junge unausgereifte Pflanzen können daher nur schwerlich zusammenhängende, lange Fasern ergeben oder, wenn diese doch schon eine gewisse Festigkeit besitzen, so teilen sich die Faserbänder jedenfalls leichter in besonders feine Fasern.

Trotz der Einlagerung von Holzstoff in die Mittellamellen der Bastfasern sind die stark verdickten Zellulosewände auch in der reifen Leinpflanze nicht oder nur selten mit verholzt. Sie bestehen den mikroskopischen Reaktionen nach allgemein aus ziemlich reiner Zellulose, wodurch sie gerade für feine Spinnzwecke geeignet sind. Die Verholzung der Zellulosewände macht die Fasern steif und spröde, wodurch diese an Qualität verlieren. Durch die gleichzeitige Anwesenheit von Pektinstoffen und Holzstoff in der Mittellamelle wird es verständlich, daß die Fasern gegen eine zu lange Ausdehnung der Röste so empfindlich sind, aber auch, daß bis zur Röstreife eine Schädigung derselben nicht zu beobachten ist. Die Durchtränkung der Mittellamelle mit dem Holzstoff schützt sie vor biologischer Zersetzung, solange die reinen Pektinstofflamellen der umgebenden Gewebe den Mikroben noch leichtere Angriffspunkte bieten.

Die stark verdickten Wandungen bestehen aus echter Zellulose, worauf die große Widerstandsfähigkeit der Faser beruht. Es ist eine irrtümliche Auffassung, daß sie bei der Überröste zum Teil zerstört wird, obwohl auf chemischem Wege durch Hydrolyse Körper wie Dextrin, Zellobiose und Glukose entstehen, welche alle sehr leicht durch Mikroorganismen vergoren werden können. Das Molekül der typischen Zellulose ist so groß und kompliziert, daß die Eigenschaften der erwähnten Abbauprodukte darin völlig verschwunden sind. Sie unterliegt nur unter ganz bestimmten günstigen Bedingungen einer langsamen biologischen Zersetzung. Die Hydrozellulosen, Oxyzellulosen oder Hemizellulosen, welche der echten meist untermischt sind, erweisen sich dagegen als viel weniger

resistent und leichter in verschiedene lösliche Zuckerarten überführbar. Sie können auch als Abbauprodukte aus der typischen Zellulose gewonnen werden, wodurch die Faser an Halt verliert. Fehlerhaftes Bleichen von Fäden und Geweben oder intensive lange Sonnenbestrahlung zeigen die auf solchen Ursachen beruhenden Schäden durch Brüchigwerden und leichten Zerfall.

Die aus dem Röstprozeß nach dem Schwingen und selbst noch nach dem Hecheln gewonnene Flachsfaser besteht keineswegs aus reiner Zellulose. Die Faser verliert nach einer schlechten Röste in dem späteren Bleichprozeß mitunter bis zu 30—40% an Gewicht, da sie noch viel an Decksubstanzen mit sich führt. Hiervon abgesehen, finden wir in den Pektinkörpern und dem Holzstoff der Mittellamelle die Zellulose stets begleitende Substanzen, die auch bei der reinlichsten Gewinnung der Faser noch in ihr enthalten sind. Dazu kommen etwa 4% Eiweiß, welche in den engen Hohlräumen der Bastfaserzellen eingeschlossen sind.

Als weitere stickstofffreie pflanzliche Stoffe, die für die biologischen Vorgänge der Röste von Bedeutung sind, müssen die Stärke und die verschiedenen Zuckerarten angeführt werden. Unter den letzteren tritt ganz besonders die Glukose in den Vordergrund, welche sich schon in den Zellen des Rindengewebes gelöst vorfindet und beim Einlegen des Flachses in Wasser alsbald in diesem nachgewiesen werden kann, und deren Molekül beim Aufbau der wichtigsten pflanzlichen stickstofffreien Substanzen eine wesentliche Rolle spielt. Die Glukose wird in der ersten biologischen Phase der Röste von der Nebenflora schnell vergoren. Neben diesem Zucker fallen andere Zuckerarten, wie die Fruktose und Saccharose, weniger ins Gewicht.

Die Stärke ist in die Zellen der Rinde in Form kleiner Körner eingelagert und durch ihre Blaufärbung mit Jod leicht nachweisbar. Bei der Hydrolyse der Stärke durch Säuren oder durch die Enzyme der Mikroorganismen entsteht wiederum Glukose. Da die hochmolekulare Stärke zerlegt werden muß, bevor sie als Kohlenstoffquelle für die Bakterien und Pilze

dienen kann, kommt sie als solche natürlich erst in zweiter Linie in Frage. Die Stärkekörner verschwinden mehr oder weniger gegen Ende der Röste aus dem Rindenparenchym.

Weniger Aufmerksamkeit verdienen die Fette und wachsartigen Substanzen und die Gerbstoffe unserer Faserpflanzen, obwohl auch ihre Anwesenheit und Bedeutung nicht außer acht gelassen werden darf. Durch erstere sollen Glanz, Geschmeidigkeit und Griff der Flachsfaser bedingt sein, denn durch das Ausziehen mit organischen Lösungsmitteln werden die Fasern glanzlos, rauh und spröde. Allerdings ist der Glanz und der Griff auch auf den Gehalt an Pektinstoffen zurückgeführt worden, durch deren völlige Entfernung die Fasern jener Eigenschaften verlustig gehen. Fette, Wachse und Pektinstoffe können in dünnen glänzenden Überzügen oder als harzartige Schuppen gemischt mit Farbstoffen der Flachsfaser aufsitzen.

Die Gerbstoffe sind in beträchtlicher Menge im Rindengewebe des Flachsstengels vorhanden und treten großenteils ebenso wie die Glukose frühzeitig in die Röstflüssigkeit aus. Sie geben zum Teil Zuckerreaktionen wie jene, die aber in kurzer Zeit nach Eintreten der Entwicklung der Mikroflora in der Röste gleichfalls verschwinden. Sie unterliegen keiner weitgehenderen Zersetzung und hemmen bei Anhäufung eher das Leben und die Tätigkeit der Mikroorganismen.

**Stickstoffhaltige Substanzen.** Die Eiweißkörper stehen unter den stickstoffhaltigen Pflanzenstoffen an erster Stelle neben den das eigentliche Gärmaterial in den Rösten liefernden Kohlehydraten und anderen Kohlenstoffverbindungen. Sie werden, obwohl meist wasserunlöslich, doch zum Teil in Säften der lebenden Zelle durch Salze und andere Stoffe in Lösung gehalten. Das Plasma, welches das notwendige Substrat für alle Lebenserscheinungen ist, besteht aus einem Gemisch von Eiweißstoffen. Da die Eiweißkörper oder Albumine ein Riesenmolekül darstellen, an welches selbst nicht das der Zellulose heranreicht, so durchläuft es beim Zerfall viele Zwischenstufen. Die fermentative Aufschließung geht über die Albumosen und Peptone, welche den Eiweißkörpern nahestehen, weiter über die Polypeptide und Peptide bis zu den Aminosäuren, den einfachsten stickstoffhaltigen

Spaltprodukten der Eiweißstoffe. Die niederen Abbauprodukte sind stets wasserlöslich und stellen die Form dar, in welcher sie in der Pflanze wandern. Die Eiweißstoffe verhalten sich in dieser Beziehung verschieden.

Die Aminosäuren sind mit ein oder zwei Aminogruppen besetzte ein bis zweiwertige Säuren, die der aliphatischen, zum Teil auch der aromatischen Chemie angehören. Es können daher aus den Eiweißstoffen durch Abspaltung der Aminogruppen, welche zur Stickstoffernährung der Mikroorganismen dienen, durch die Lebenstätigkeit dieser die uns aus der Röste bekannten flüchtigen niederen Fettsäuren entstehen. Andererseits finden wir unter den Zersetzungsprodukten des Eiweißes Schwefelwasserstoff, Mercaptan, Skatol und indolartige Körper, welche zum Teil auch beim Auftreten übler Gerüche in der Röste eine Rolle spielen. Die Schwefelwasserstoffbildung weist uns auf den Gehalt an Schwefel im Eiweiß hin. Außer diesem treffen wir regelmäßig den Phosphor in den eiweißähnlichen Phosphorproteiden an.

Unter den stickstoffhaltigen anorganischen Verbindungen der Pflanze sind die Salpetersäure in Form ihrer Salze und die Ammoniumverbindungen zu nennen. Von Behrens wurde für Hanf die in die Röstflüssigkeit austretende Salpetersäure in größerer Menge gefunden. Doch kann sie vielfach nicht nachgewiesen werden.

**Aschenbestandteile.** Die Aschenbestandteile der Pflanze sind unentbehrlich sowohl für ihr Wachstum als für das Gedeihen der Mikroorganismen. Sie erhalten ihren Bedarf an Aschenbestandteilen beim Rösten der Textilpflanzen, ganz gleich ob bei der Wasserröste oder der Tauröste, direkt von der Pflanze her. Bei der minimalen Größe der Bakterienzelle und ihrem grundsätzlich nicht anders als die Pflanzenzelle zusammengesetzten Körper genügt der in der Pflanze vorhandene Aschengehalt vollauf, um eine günstige Entwicklung der Mikroben zu sichern. Für die Wasserröste sind noch die im Wasser gelösten Mineralstoffe in Betracht zu ziehen, welche namentlich der in der Röstflüssigkeit sich entwickelnden Nebenflora zugute kommen.

Es hat sich gezeigt, daß die Mineralstoffbestandteile, Kalium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Schwefel und Phosphor für das Pflanzenwachstum unerlässlich sind. Fehlt es auch nur an einem dieser Stoffe, so steht die Entwicklung der Pflanze still, auch wenn alle anderen Teile in reichlicher Menge vorliegen. Wir finden also in jeder Pflanze diese Mineralstoffe wieder. Sie stehen, wenn nicht durch ihre wasserlösliche Form sofort, so doch durch die in der Pflanze vor sich gehenden Zersetzungen schneller oder langsamer zur Verfügung einer sich entwickelnden Kleinlebewelt.

Der in den Eiweißstoffen festgelegte Schwefel und Phosphor wird bei der Zertrümmerung des Riesenmoleküles der Eiweißstoffe frei. Eisen, dessen die lebende Zelle nur in sehr geringen Mengen bedarf, liegt in jedem Wasser genügend vor. Kalium ist reichlich in einer für die Mikroorganismen leicht zugänglichen Form im Pflanzenkörper vorhanden. Über die für die Mikroorganismen weniger wichtigen Erdalkalien, Kalzium und Magnesium, verfügt die Pflanze ebenfalls in ausreichender Menge, wenn auch nicht immer in löslicher Form.

Die Mineralstoffe werden zum großen Teil bereits zu Anfang der Röste und beim Aufquellen der Gewebe durch das Wasser ausgezogen und fördern dort die Entwicklung der Nebenflora, ohne deren wertvolle Vorarbeit die Rösterreger nicht in Tätigkeit treten können. Ebenso wie die Pflanzen enthalten auch die Bakterien häufig in großer Menge eine Reihe nicht unbedingt notwendiger Mineralstoffe. So wird ihre Asche immer sehr reich an Natrium gefunden. Die Bakterienzelle vermag Salze, die ihr in dem umgebenden Medium in reichem Maße zur Verfügung stehen, zu speichern. Deshalb beweist ein großer Gehalt an Natrium noch nicht seine Notwendigkeit. Das Kalium wird genau wie bei den Pflanzen das Natrium bei den Bakterien ersetzen können, aber das Natrium macht das Kalium nicht entbehrlich.

Neben der physiologischen Bedeutung der Mineralstoffe muß man ihre indirekte Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen im Auge behalten. So ist die Abstumpfung der bei der Vergärung von Zucker und Pektin entstehenden und schließlich wachstumshemmenden

den Säuren durch Kalzium und Magnesium von biologischer Bedeutung. Die Pektinstoffe nehmen während ihrer Umwandlung durch Auswachsen und Reifen von Pflanzenteilen Kalzium und Magnesium in ihr Molekül auf, welche die bei der Zersetzung des Pektins entstehenden schädlichen Säuren sofort abbinden. Vielleicht ist hiermit das leichtere Abrösten reiferer Flachs- und Hanfstengel zu erklären. Es sei an dieser Stelle der günstigen Wirkung der Zusätze von Natrium-, Kalium-, Kalziumkarbonaten oder -bikarbonaten oder noch anderer Verbindungen zur Röste gedacht.

**Die Verteilung der Stoffe** ist je nach den einzelnen Geweben der Pflanze verschieden. In das parenchymatische Rindengewebe sind vorwiegend Eiweißstoffe und Kohlehydrate eingebettet. Die Siebröhren (Fig. 2) sind wegen der Länge ihrer Zellglieder der Leitung von Eiweißstoffen gut angepaßt, können sich aber auch häufig durch ihren Reichtum an Kohlehydraten und anorganischen Salzen auszeichnen. Nicht weniger nährstoffreich sind die sich ihnen anlehnenden Geleitzellen. Das weiterhin noch zwischen dem Holzkörper und dem Bastbündelring befindliche kambiale Gewebe des Flachsstengels (Fig. 2) wird zur Ausübung seiner regen Wachstumstätigkeit selbstverständlich über alle Nährstoffe und besonders über Eiweißstoffe in reichem Maße verfügen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse für geraufte und mehr oder weniger gelbreife Stengel, bei denen eine Desorganisation der Stoffe bereits eingesetzt hat. Zerfallserscheinungen bringen leichtere Löslichkeit und leichteres Austreten in die umgebende Flüssigkeit mancher Stoffe mit sich, was praktisch genommen ein schnelleres Rösten bedeutet. Frische und lebenskräftige Gewebe werden den zerstörenden Einflüssen der Röste länger Widerstand leisten als die schon im Anfang des Zerfalls stehenden, ausgedörrten, teilweise abgestorbenen Gewebe.

Von diesen Gewebeelementen werden die Bastbündel von allen Seiten umgeben. Hier finden die Mikroorganismen, die sich nicht allein mit kohlenstoffhaltiger Nahrung wie Pektinstoffen, der Haupternährungsquelle für spezifische Rösterreger, begnügen, die besten Angriffsmöglichkeiten. Die nährstoffreichen Siebröhren, Geleitzellen

und Kambiumzellen, welche alle auf der Innenseite der flachen Bastbündelstreifen liegen, üben auch durch ihre zartere Beschaffenheit besondere Anziehungskraft auf Mikroorganismen aus. Die rösterregenden Bakterien und Pilze häufen sich vornehmlich hier zwischen Bastfaser und Holzkörper an, und wenn hauptsächlich der Zusammenhalt zwischen diesen beiden Gewebeteilen verlorengegangen ist, dann haben wir den Zustand des Faserstengels, der als Prüfstein eines fertig gerösteten Flachses dient. Der Praktiker spricht dann von der Röstreife.

### Allgemeine Mykologie.

Die Mikroorganismen, die uns hier interessieren, sind nicht allein Rösterreger, sondern zum großen Teil Organismen, die indirekt die Röste fördern oder sogar nur zufällig anwesend und ohne Einfluß auf dieselbe sind. Ihre Mannigfaltigkeit ist eine natürliche Folge des Nährstoffreichtums. Während bei jeder reinen Wasserröste nur Bakterien als Pektinstoffzehrer in Frage kommen, sind bei der typischen Tauröste und ähnlichen Verfahren hauptsächlich Pilze bei der Freilegung der Faser am Werke. Doch spielen auch hier die Bakterien eine nicht unwesentliche Rolle. Vielleicht nützen sogar Hefearten die Pektinstoffe bei der Röste für sich aus.

Um einen Überblick über die verschiedenen Formkreise zu bekommen und eine Grundlage für die gesamte Mikrobiologie der mannigfaltigen Röstverfahren zu schaffen, müssen wir Betrachtungen ganz allgemeiner Art über Bakterien, hefeartige Organismen und Pilze voranschicken. Ohne solche Vorkenntnisse würden wir die vielgestaltigen Zusammenhänge und Erscheinungen der bei der Röste sich abspielenden Vorgänge nicht verstehen.

**Bakterien.** Die Kleinlebewesen, welche wir unter dem Namen Bakterien zusammenfassen, besitzen sehr verschiedene äußere Eigenschaften. Schon in der Größe weisen sie beträchtliche Unterschiede auf, obwohl sie insgesamt sehr winzige Ausmessungen haben. Die Bakterien sind Lebewesen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, die aber noch viel kleiner als die Zelle höherer Pflanzen ist. Mitunter täuschen Bakterien dadurch eine Mehrzelligkeit vor, daß die durch Ver-

mehrung entstehenden Tochterzellen längere Zeit zu zweien oder mehreren in engstem Zusammenhang verbleiben. Aber selbst in diesem Falle besteht keine Beziehung mehr von Zelle zu Zelle, sodaß von einem mehrzelligen Wesen nicht gesprochen werden kann. Die Mannigfaltigkeit der Formen geht am deutlichsten aus der untenstehenden Figur hervor (Fig. 4).

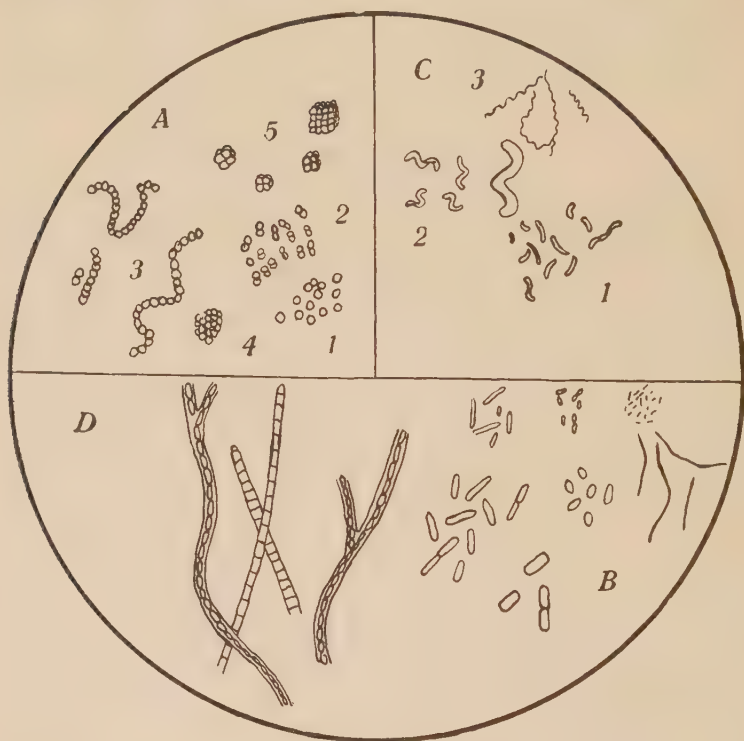


Fig 4.

Gruppe A: Kugelbakterien oder Kokken. 1) Einfache Kokken, 2) Doppelkokken oder Diplokokken, 3) Streptokokken, 4) Staphylokokken, 5) Sarcinen. Gruppe B: Stäbchenbakterien von kurzer, dicker, ovaler Form bis zu lang fadenförmig ausgezogener Gestalt. Gruppe C: Schraubenbakterien. 1) Vibrionen (Kommabacillus), 2) Spirillen, 3) Spirochäten. Gruppe D: Fadenbakterien. Nach Mische.

Trotz der geringen Größe weisen die Bakterien noch außerordentliche Unterschiede auf, die zwischen  $0,6\text{--}25,0\ \mu^*$ ) Breite und  $0,18\text{--}50,0\ \mu$  Länge schwanken.

\*)  $\mu = \frac{1}{1000}$  mm.

Auch Masse und Gewicht der Bakterien geben fast unvorstellbar kleine Größen. Mische berechnet, daß eine Milliarde Kokken bequem in einem kleinen Wassertropfen Platz finden würde, und daß 2 Millionen Eiterkokken erst den tausendsten Teil eines Milligramms wiegen.

Viele Bakterienarten zeichnen sich bei Gegenwart genügender Feuchtigkeitsmengen durch ihre Beweglichkeit aus, müssen daher über Bewegungsorgane verfügen. Diese sind aber mit wenigen Ausnahmen auch bei der stärksten Vergrößerung am lebenden Individuum nicht feststellbar. Im hängenden Tropfen sieht man unter dem Mikroskop bloß, wie sich Schraubenbakterien mit großer Geschwindigkeit vorwärts und rückwärts durch das Wasser winden und Stäbchen sich gerade durch das Gesichtsfeld bewegen oder sich dabei überschlagen. Günstigenfalls können die Bakterien in der Sekunde das 3—10fache ihrer Körperlänge zurücklegen, sich also 3—10 mal so schnell wie der Mensch fortbewegen. Die Organe, mit Hilfe deren die Bakterien ihren Platz zu wechseln und günstigere Lebensbedingungen aufzusuchen vermögen, sind außerordentlich feine, peitschenartig gekrümmte Wimpern, Geißeln genannt. Sie sind von sehr verschiedener Länge und Zahl. Nicht weniger veränderlich ist die Verteilung der Geißeln um den Bakterienkörper herum (Fig. 5). Die mit Geißeln versehenen Bakterien sind nicht dauernd der Bewegung fähig. Absonderung einer Schleimhülle um die Zelle herum, Abwerfen der Geißelfäden in älterem Stadium oder der Übergang in die Dauerform beraubt sie dieser Eigenschaft.

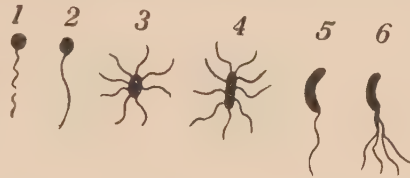


Fig. 5.

Die Bewegungsorgane (Geißeln) der Bakterien. 1, 2, 5 monotriche (mit einer Geißel), 3, 4, 7 peritriche (gleichmäßig über den Körper verteilte) und 6 lophotriche (büschelige) Begeißelung.

Die Bewegungsrichtung der Mikroben ist von verschiedenen Einflüssen abhängig. Geht die Ursache von chemischen Stoffen aus, die in gelöster Form anwesend sein und einseitig auf den Organismus einwirken müssen, so spricht man von Chemotaxien. Die beweglichen Stäbchen wenden

sich der Richtung zu, aus der der Reiz kommt. Diesen positiven chemotaktischen Reizen stehen negative gegenüber, die abstoßend wirken. Der Einfluß des Sauerstoffes ist von besonderer Wichtigkeit und führt zur Aërotaxis. Sauerstoffscheue Bakterien fliehen ein Zuviel davon, während die sauerstoffliebenden seinen Überschuß aufsuchen.

Die Vermehrung der Bakterien erfolgt ganz allgemein durch Teilung oder Spaltung, d. h. nach Wachstum und Streckung des Bakteriums wird einfach eine neue Zellwand eingefügt, worauf sich die Tochterzellen voneinander trennen oder sich auch zu bestimmten Wuchsverbänden eine Zeitlang vereinigen (Fig. 6). Die Bakterien werden daher als Spaltpilze oder Schizomyzeten bezeichnet. An den neu gebildeten Enden können junge Geißeln oder Geißelbüschel, oft schon vor der Teilung, hervorsprossen.



Fig. 6.

Vermehrung der Bakterien durch Teilung.

Die Vermehrungsgeschwindigkeit beträgt in vielen Fällen 20—40 Minuten. Ein Cholera vibrio, der sich in je 20 Minuten zu teilen vermag, würde also in 24 Stunden 1600 Trillionen Keime mit 200 Zentnern Bakterientrockensubstanz hervorgebracht haben. Solche schrankenlose Vermehrung tritt natürlich unter keinen Umständen ein, da Nährstoffmangel, die selbst erzeugten, giftig wirkenden Stoffwechselprodukte, wie überhaupt der Kampf ums Dasein zwischen Bakterien, Pflanzen und Tieren in der Natur hemmend und regelnd eingreifen.

Die vegetative Vermehrung findet häufig ihren Abschluß durch Ausbildung besonderer Dauerformen oder Ruhestadien, der Sporen. Unter ungünstigen äußeren oder inneren Bedingungen entstehen in den Bakterienzellen durch Zusammenziehen der wertvollsten Nährstoffbestandteile dichte, wasserarme, glänzende Körperchen, die nach außen hin gegen die übrige

Zelle durch eine derbe, für Wasser schwer durchdringliche Membran abgegrenzt sind. In diesem Zustand sind die Bakterien besonders widerstandsfähig gegen chemische und physikalische Einflüsse. Die vegetativen Zellen dagegen vertragen nur kurze Zeit höchstens 50° C. Das Eintrocknen halten manche Bakteriensporen jahrelang aus. Die stärksten chemischen Gifte, wie Sublimat, wirken erst langsam ein.

Die Form der Mutterzelle, des Sporangiums, in der die Spore zur Entwicklung gelangt, bleibt unverändert oder schwillt mehr oder weniger örtlich an. Es entsteht ein spindelartiges Gebilde, Clostridium, oder eine Trommelschlägerform, Plectridium, je nachdem, wo die Spore in der Zelle zu liegen kommt. Bei den ersteren befindet sich nicht selten trotz der

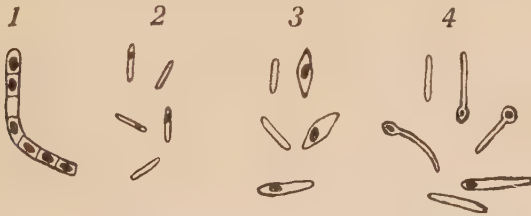


Fig. 7.

Form der Sporenmutterzellen (Sporangien) bei Bakterien. 1 Heubacillus (*Bacillus subtilis*). 2 Kartoffelbacillus (*Bacillus mesentericus*). Beide behalten ihre Stäbchenform bei der Sporenbildung. 3 *Clostridium butyricum* (*Bacillus amylobacter*), Spindel-formen. 4 *Plectridium pectinovorum* (*Granulobacter pect.*), Trommelschlägerformen.

Auftreibung der Zellmitte die Spore dem einen Ende genähert. (Fig. 7).

So charakteristisch diese Formen im allgemeinen für die einzelnen Bakterienarten sind, kommen doch auch vielerlei Übergänge zwischen ihnen vor. Dies ist auch der Fall bei *Bacillus amylobacter*, der für uns als Rösterreger besonderes Interesse hat. Bredemann hat gezeigt, daß ganz typisch Clostridien oder Plektridien ausbildende, bis jetzt als besondere Arten aufgeführte Bakterienstämme der einen Species *Bacillus amylobacter* hinzuzurechnen sind.

Nach Reife der Sporen geht bei manchen Arten das Sporangium durch Zerfall schnell zugrunde. Die Sporenbildung und Auflösung der Zelle geht vielfach so rasch vonstatten, daß nur sporenfreie Zellen und freie Sporen zu finden sind. Bei

anderen Bakterienarten bleibt die Mutterzelle noch lange erhalten. Sie kann sogar noch lebhaftere Bewegung zeigen und dadurch die Spore von einem Ort zum anderen führen.

Neben dieser Art Endosporen, so genannt, weil sie im Innern einer Zelle nur unter Verbrauch eines Teiles der Inhaltsbestandteile entstehen, kommen noch Arthrosporen vor, die sich dadurch bilden, daß ganze Zellen Sporeneigenschaft annehmen. Sie erreichen nicht dieselbe hohe Widerstandsfähigkeit wie die Endosporen, weshalb sie mehr der Verbreitung und Vermehrung der Art dienen als der Erhaltung. Die Endosporen sind dagegen ganz vorzüglich geeignet, der Art über die Zeit widriger Verhältnisse hinwegzuhelfen. Da die Endosporen bildenden Stäbchen sich verwandschaftlich nahe stehen, hat man sie in das Genus „Bacillus“ zusammen-

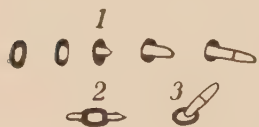


Fig. 8.

Keimung der Bakteriensporen.  
1 äquatoriale, 2 polare (bipolare), 3 schräge Keimung.



Fig. 9.

Die Schleimhüllen (Kapseln)  
der Schleimbakterien und ihre  
Teilung.

gefaßt und die ohne endogene Sporen bleibenden Stäbchen mit dem Gattungsnamen „Bacterium“ belegt.

Nach einer Ruhepause, die auch in dem Entwicklungsgang der sporenlosen Bakterien eintreten kann und bedingt ist durch Wiederherstellung günstiger Daseinsverhältnisse, findet ein Auskeimen der Sporen statt. Sie schwellen unter Wasseraufnahme langsam an, verlieren ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und bringen die Sporenhaut in einer für manche Arten charakteristischen Weise zur Lösung oder zum Platzen. Das austretende und an Größe zunehmende Keimstäbchen geht rasch in Teilung über, und die Generationen folgen wieder schnell aufeinander (Fig. 8).

Die vegetative Bakterienzelle ist wie die pflanzliche Zelle von einer Membran umgeben. Diese ist aber so fein, daß sie meist selbst am gefärbten Objekt nicht zu erkennen ist. Gewisse Bakterien umgeben sich mit einer schleimartigen

Hülle, deren Entstehung man heute fast allgemein auf Verquellen der äußeren Membranschichten und Neubildungen von innen her zurückführt. Die Schleimkapseln sind häufig bedeutend größer als die sie erzeugenden Bakterienzellen, sodaß sie schleimige bis gallertige Beläge auf Pflanzenteilen und anderen Unterlagen bilden (Fig. 9).

Auch die Inhaltsbestandteile der winzigen Bakterienzelle sind genauer untersucht worden. Obwohl man Zellkerne nachgewiesen zu haben glaubt, ist dies Resultat nicht zu verallgemeinern. Wahrscheinlicher ist, daß die Bakterien diffuse Kerne enthalten, d. h. kleine über die Zelle verteilte Körnchen mit Kernnatur.

Eine stickstofffreie Einlagerung in die Bakterienzelle ist das Glykogen, welches in unregelmäßig gestalteten Massen auftritt und sich mit Jod braun bis rotbraun färbt. Es ist ein Kohlehydrat wie die ebenfalls bei den Bakterien angetroffene Granulose, Iogen, welche mit Jod eine blaue Färbung gibt und deshalb der Pflanzenstärke nahesteht. Die Granulose und das Glykogen, beides Reservestoffe, treten meist innig miteinander vermischt auf und charakterisieren manche Bakterienart. Beide sind in reichlicher Menge in den Stäbchen des *Bacillus amylobacter* zu finden. Die mit ihm verwandten Rösterreger bezeichnete Beijerinck deshalb mit *Granulobacter*. Auch Fett und eiweißartige Stoffe treffen wir als Tröpfchen und Körnchen in den Zellen der Bakterien an. Die Reservestoffe ermöglichen es dem Organismus, ohne Nährstoff eine Zeitlang fortzuleben, Sporen zu bilden und andere Funktionen auszuüben, wobei jene veratmet werden.

Zu den wichtigsten Erzeugnissen der lebenden Bakterienzelle gehören die Enzyme, oder, wie ältere Forscher sie nennen, die Fermente. Sie werden in sehr geringer Menge gebildet und treten nicht sichtbar in der Zelle auf. Erkennbar werden sie nur durch ihre Wirkungen. Trotz ihrer geringfügigen Menge vermögen sie aber chemische Umsetzungen in größtem Maßstabe zu vollbringen.

Enzyme sind organische Stoffe, welche fast unmerklich verlaufende Reaktionen außerordentlich beschleunigen oder verlangsamen, ohne daß sie in der geringsten Weise dabei ver-

braucht werden. Der Chemiker kennt solche eigentümlichen Körper aus der anorganischen Chemie und bezeichnet sie als Katalysatoren.

Werden Enzyme von der Bakterienzelle nach außen abgegeben, so sprechen wir von Ektoenzymen. Sie müssen überall dort in Tätigkeit treten, wo organische Stoffe, wie Eiweißkörper, Zellulose, Stärke, Pektinstoffe u. a. m., welche als solche nicht in die Bakterienzelle einzudringen vermögen, zur Ernährung und Energiebeschaffung dienen sollen. Die Bakterien bereiten sich also schon außerhalb ihrer Zellen die Nahrung, indem sie hochmolekulare organische Körper so weit abbauen, daß sie ihnen durch Aufnahme nützlich werden. Es handelt sich hier um hydrolytische Spaltungen von Eiweißstoffen in wasserlösliche Peptide oder Aminosäuren, von Kohlehydraten in verschiedene Zuckerarten und von Fetten und Wachsarten in Alkohole und hochmolekulare Fettsäuren.

Die Spaltungsprodukte können innerhalb der Bakterienzelle von einer zweiten Gruppe von Enzymen, den Endoenzymen — so genannt, weil sie nicht nach außen treten — verarbeitet werden. Die hierbei entstehenden Stoffe werden als Stoffwechsel- und Gärprodukte bezeichnet gegenüber den Umsetzungsprodukten der Ektoenzyme. Die Enzymwirkung kann aufgehoben werden durch Antienzyme oder Antifermente.

Enzyme und Antienzyme sind gekennzeichnet durch ihre Spezifität, d. h. durch ihre Eigenschaft, chemisch nur ganz bestimmte Stoffe und diese nur bis zu einem gewissen Grade anzugreifen. Wenn also das komplizierte Molekül eines Körpers weitgehender zerlegt werden soll, müssen hintereinander verschiedene Enzyme in Tätigkeit treten. Die Amylase — die Namen für die Enzyme werden durch Anhängung der Silbe „ase“ an den Stoff gebildet, auf den sie spezifisch einwirken — verwandelt beispielsweise die Stärke (Amylum) in Maltose, einen zusammengesetzten Zucker, die Maltase wiederum die Maltose in den einfachen Zucker Glukose, welcher dann zuletzt durch das Gärungsenzym Zymase in Milchsäure oder Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird. Die Rösterreger bringen Pektinase, das spezifische Enzym für den ersten Abbau der Pektinstoffe, zur Abscheidung. Die Mikroben, die von diesem Enzym reichlich absondern und sich dadurch vor

anderen Organismen eine besondere Kohlenstoffquelle zu ihrer Ernährung sichern, können wir als spezifische Röst-erreger bezeichnen. Spezifische Antienzyme sind für die meisten Enzyme gefunden worden.

Es gibt hydrolytisch wirkende Enzyme, Hydrolasen, die Oxydationsvorgänge beeinflussende Enzyme, Oxydasen, Gärungsenzyme, Zymasen und reduzierend wirkende Enzyme, Reduktasen. Wie schon erwähnt, treten die Ektoenzyme aus der Zelle in die umgebende Flüssigkeit aus und können dadurch, daß man sie auf die Gewinnung des betreffenden Enzyms verarbeitet, leicht getrennt von dem sie erzeugenden Organismus gewonnen werden. Dies erklärt die Tatsache, daß enzymatische Prozesse, Spaltungen, Oxydationen und Gärungen weitergehen können, wenn auch keine lebenden Organismen mehr anwesend sind. Es erhellt daraus der Unterschied zwischen enzymatischen Vorgängen und eigentlichen Lebensprozessen, die an das Plasma direkt gebunden sind. Allerdings ohne vorherige Tätigkeit von Zellplasma ist auch das Auftreten von Enzymwirkungen nicht denkbar.

Chemischen und physikalischen Einflüssen gegenüber sind die Enzyme allgemein sehr empfindlich. Geringe Mengen Säuren schaden nicht, sind sogar nützlich für ihre Entfaltung, größere Mengen zerstören sie jedoch. Freie Alkalien wirken meistens schon in viel geringeren Mengen hemmend. Sauerstoff ist, zumal bei gleichzeitiger Sonnenbestrahlung, nachteilig. Temperaturen von 70° C und darüber vernichten innerhalb kurzer Zeit alle Enzyme. Niedrige Temperaturen, selbst solche unter dem Gefrierpunkt, schädigen sie nicht, sondern hemmen sie nur.

Aus allem Gesagtem ist zu ersehen, daß eine sehr große Anzahl von chemischen, den Enzymen zuzurechnenden Stoffen in der Bakterienzelle vorhanden sein müssen. Von der Tätigkeit der lebenden Zelle hängt es ab, ob die Wirkung des einmal von ihr erzeugten Enzyms mit der Zeit zum Stillstand kommt oder durch Hinzufügen einer neuen Menge verstärkt wird.

Die Bakterien gebrauchen zu ihrem Stoffwechsel vorzüglich Stickstoff- und Kohlenstoffquellen. Sie unterscheiden sich von den Pflanzen dadurch, daß sie

mit ganz wenigen Ausnahmen eine vorwiegend abbauende Tätigkeit besitzen. Dabei gewinnen sie die in den Stoffen des Pflanzen- und Tierkörpers aufgestapelten Mengen Energie, die sie zu großartigen Leistungen befähigen. Nur zum allerkleinsten Teile werden die Stoffe auch zum Aufbau der Bakterienleiber verwendet.

Die Bakterien stellen an ihre Versorgung mit Stickstoff sehr verschieden hohe Ansprüche. Eine Reihe derselben hat zu ihrem Gedeihen unbedingt Eiweißstoffe oder hochmolekulare organische Stickstoffverbindungen nötig. Andere geben sich mit den einfachsten Spaltprodukten der Eiweißstoffe, den verschiedenen Aminosäuren, zufrieden oder noch andere mit den anorganischen Ammoniumverbindungen oder mit salpetersauren oder salpetrigsauren Salzen. Ja, wir kennen heute sogar Bakterien, die ihren Stickstoffbedarf aus der Luft zu decken vermögen, dieses aber nur unter großem Verbrauch von Energie, die ihnen in Form beträchtlicher Mengen leicht vergärbare Kohlenstoffverbindungen zu Gebote stehen muß.

Unter den Kohlenstoffquellen spielen für die Ernährung der Bakterien die Zuckerarten eine hervorragende Rolle. Die in der Pflanzenwelt sehr verbreitete Glukose ist fast allgemein die für die Bakterien am leichtesten angreifbare Kohlenstoffverbindung. Die Pektinstoffe und die Stärke unterliegen einer langsameren Zersetzung, während sich die Zellulose nur sehr schwer, darum aber um so dauernder als Energiequelle von den Bakterien verwenden läßt. Bei ihrem Abbau zerfallen auch diese schwerer aufschließbaren Körper in leicht vergärbare Stoffe. So ist das Glukosemolekül versteckt in der Stärke und in der Zellulose enthalten und vermag nach seiner Freilegung nicht nur den wenigen mit dem betreffenden spezifischen Enzym ausgerüsteten Bakterien, sondern auch der Begleitflora eine gute Nährstoffquelle zu sein.

Allgemein pflegt man das Zusammenwirken von Organismen, die sich in ihren Ansprüchen und ihrer Tätigkeit ergänzen und gegenseitig fördern, mit Symbiose zu bezeichnen. Symbiotische Vorgänge sind überall in der Natur an dem Kreislauf der Grundstoffe beteiligt und spielen auch in dem Bakterienleben eine große Rolle.

Es genügt aber nicht, daß die Organismen einträchtig nebeneinander und füreinander leben, sondern sie müssen auch im bitteren Kampf ums Dasein gegeneinander stehen, um einen Ausgleich in der Natur zu schaffen. Die Mikroorganismen können Stoffe abscheiden, die auf andere Kleinlebewesen von giftiger Wirkung sind und ihre Weiterentwicklung an dem betreffenden Ort verhindern. Diesen Vorgang bezeichnet man als Antagonismus im Gegensatz zur Symbiose.

Neben diesen beiden Lebenserscheinungen finden wir noch ein Nacheinanderauftreten von Mikroorganismen, die Metabiose, für welche ein schönes Beispiel auch die Biologie der Röste gibt. Das üppige Gedeihen einer Organismengruppe hält nur so lange an, als gerade für sie die Verhältnisse am günstigsten liegen; hernach wird sie abgelöst von einer anderen Mikroflora, und so geht es fort.

Von höchster Bedeutung für jede lebende Zelle ist der Sauerstoff. In gewissen Fällen genügt der in den meisten organischen Verbindungen vorhandene Sauerstoff, um die Oxydationsvorgänge, d. h. das Leben der Zelle, zu unterhalten. Im allgemeinen ist aber der Sauerstoff der Luft nötig. Er ist in ihr in Gasform zu ungefähr 22 Vol. % neben 77 Vol. % Stickstoff enthalten. Während der Stickstoff nur ausnahmsweise von ganz wenigen der niedrigsten Lebewesen verwendet werden kann, ist der Sauerstoff überall Lebensnotwendigkeit.

Recht eigenartig ist das Verhalten der verschiedenen Bakterien zum freien Sauerstoff, auf Grund dessen sie in drei große Gruppen zerfallen. Die erste Gruppe bedarf zum Leben unbedingt des Luftsauerstoffes, und zwar im allgemeinen in den Mengenverhältnissen, wie sie in der Atmosphäre gegeben sind. Bei vermindertem Luftzutritt ist ihr Wachstum gehemmt.

Zu diesen obligat aëroben Bakterien stehen in deutlichem Gegensatz die obligat anaëroben, welche nur ohne Luftsauerstoff ihren Entwicklungskreis in normaler Weise zu durchlaufen vermögen. Sporenerzeugung, Sporenkeimung, Bildung lebhaft beweglicher Schwärmzellen und vegetative Vermehrung finden also nur bei vollkommenem Luftabschluß statt. Die strengen Anaëroben wachsen zwar noch bei Anwesenheit geringer Sauerstoffmengen, ihre Entwicklung ist dann aber beeinträchtigt. Ein stärkerer Gehalt an Sauer-

stoff tötet innerhalb weniger Stunden alle vegetativen Zellen ab. Den völlig ausgereiften Sporen vermag der Sauerstoff nichts anzuhaben.

Die dritte Gruppe bilden die fakultativ anaëroben Bakterien. Sie verhalten sich allgemein ebenso wie die aëroben Organismen, d. h. sie sind überall dort zu finden, wo auch jene vorkommen. Außerdem sind sie aber befähigt, ohne erhebliche Einschränkung ihrer Lebensfunktionen unter denselben Verhältnissen wie die Anaëroben zu existieren.

Den Sauerstoffdruck, bei dem ein Organismus sein bestes Fortkommen findet oder seine Entwicklung wegen eines zu hohen bzw. zu kleinen Druckes unmöglich wird, hat man mit Sauerstoffoptimum, -maximum oder -minimum bezeichnet. In der folgenden Tabelle finden wir die feststehenden Kardinalpunkte für drei zu den verschiedenen Gruppen gehörenden Bakterien angegeben, die alle zu rösten vermögen. Die Daten gelten für die Sporenkeimung. Die Sauerstoffmenge der Luft beträgt 276 mg im Liter.

|                              | Minimum | Optimum | Maximum              |
|------------------------------|---------|---------|----------------------|
| <i>Bacillus amylobacter</i>  | —       | —       | ca. 25 mg anaërob    |
| <i>Bacillus asterosporus</i> | —       | 100 mg  | 5600 mg fak. anaërob |
| <i>Bacillus mycoides</i>     | 4,3 mg  | 276 mg  | 1536 mg aërob        |

Eine scharfe Scheidung der aëroben, fakultativ anaëroben und obligat anaëroben Organismen ist nicht immer möglich, schon wegen der Veränderlichkeit ihrer Eigenschaften. Man teilt die Bakterien daher auch einfach in aërophobe und aërophile Organismen, d. h. in sauerstoffliebende und sauerstoffscheue, ein.

Häufig ist eine Symbiose von anaëroben Bakterien mit obligat aëroben, die den Sauerstoff aus ihrer Umgebung begierig an sich reißen. Auf diese Weise ist es zu erklären, daß z. B. in dem porösen, luftdurchlässigen Boden die strengsten Anaëroben anzutreffen sind. Nur durch das Zusammenleben mit den aëroben Bakterien ist das Auftreten letzterer an den der Luft zugänglichen Orten denkbar. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Wasserröste.

Die Erklärung der Atmung bereitet bei den aëroben Organismen keine Schwierigkeiten. Unter Atmung verstehen wir die in der lebenden Zelle stattfin-

denden Zersetzungen unter Sauerstoffverbrauch und Erzeugung von Kohlensäure und Wasser. Diese Oxydationsvorgänge spielen sich innerhalb der Zelle im Protoplasma ab, wo sie von den Endoenzymen, in diesem Falle den Oxydasen, ausgelöst werden.

Ganz anders muß die Atmung bei den obligat anaëroben Bakterien verlaufen, für die der freie Sauerstoff sozusagen ein Gift darstellt. Hier sind es Oxydationsprozesse, die innerhalb der Zelle unter Abspaltung von Kohlensäure und Wasser vor sich gehen. Sie müssen jedoch, da von außen her kein Sauerstoff Zutritt, von Reduktionen begleitet sein, d. h. der Sauerstoff muß dem zerfallenden Molekül selbst oder anderen Verbindungen entnommen werden. Man spricht deshalb von intramolekularer Atmung.

Auch die aëroben Bakterien können, wenn sie plötzlich unter anaërobe Bedingungen geraten, zu ihr übergehen, ohne sofort abzusterben. Sind die Reservestoffe verbraucht, so führt die Atmung zur Abnahme der eigentlichen Leibessubstanz und Selbstverbrennung der Zelle. Selbst nach dem Tode geht diese Selbstverdauung oder Autolyse durch das Fortwirken der Enzyme weiter.

Die Gärung deckt sich in gewisser Beziehung mit der Atmung, da auch sie dem Organismus Energie liefert. Die Anaëroben besitzen daher die stark ausgeprägte Fähigkeit, Zucker und andere Kohlehydrate zu zersetzen. Die fakultativ Anaëroben können Gärungserreger sein, wenn ihnen Zucker unter Sauerstoffabschluß gereicht wird. Die Gärung ist unter solchen Bedingungen eine intramolekulare Atmung. Man nimmt an, daß sie erst das eigenartige Leben ohne freien Sauerstoff ermöglicht.

Doch beobachtet man, daß auch bei den Aëroben neben der Atmung unter Sauerstoffaufnahme eine Gärung verläuft. Die beiden Vorgänge schließen einander also nicht aus. Wenn jedoch der Sauerstoff der Luft bis zu einem gewissen Grade die Gärung begünstigt, so geschieht dies nur auf indirektem Wege, indem er vielleicht das Wachstum der Organismen oder die Produktion der Gärungsenzyme fördert. Jedenfalls greift er nicht unmittelbar in die Gärungsprozesse ein.

Der Gebrauch des Wortes Gärung ist im Laufe der Zeiten

einem starken Wandel unterworfen gewesen, sodaß man mit ihm die verschiedensten Vorstellungen verknüpft hat. Ursprünglich dachte man dabei nur an Zersetzungen, die mit Gasentwicklung verlaufen. Dann bezeichnete man auch andere Zersetzungen, selbst ganz entgegengesetzter Art, mit Gärungen, so z. B. hydrolytische Spaltungen und synthetische Vorgänge unter Wasseraustritt, Oxydationen, Reduktionen usw., die unter dem Namen Spaltungs-, synthetische oder Oxydationsgärungen gingen. Man sollte sich dahin einigen, von Gärungen nur dann zu sprechen, wenn ein Organismus neben seinem in üblichen Bahnen verlaufenden Stoffwechsel ein oder mehrere Stoffe in besonders auffallender Menge bildet. Die Gärungsprodukte sind auf enzymatische Umsetzungen zurückzuführen, wie wir sie bereits kennengelernt haben. Man spricht nach den bei ihr auftretenden besonderen Produkten von Buttersäure-, Essigsäure-, alkoholischer, Milchsäuregärung usw. Diese gehören fast stets einer nur oberflächlichen Spaltung eines Nährstoffes an, wodurch sich die Gärung von der gewöhnlichen Atmung unterscheidet.

Neben der Energiegewinnung liegt die Bedeutung der Gärung noch darin, daß ihre Stoffwechselerzeugnisse giftig für die neben dem Gärungserreger auftretenden Organismen sind. Wenn der Gärprozeß einmal eingesetzt hat, gewinnt der betreffende Erreger bei gleichbleibenden Bedingungen schnell die Oberhand.

Die Mehrzahl der Bakterien wächst am besten bei schwach alkalischer Reaktion des Nährbodens, andere ziehen eine neutrale vor. Doch gerade die technisch wichtigen Organismen gedeihen besser in schwach sauren Nährlösungen. Die zum großen Teil anaëroben Gärungserreger erzeugen durch ihren Stoffwechsel Säuren, die von ihnen sogar in größeren Konzentrationen vertragen werden, ihnen in geringeren Mengen aber besonders zusagen.

Von großem Einfluß auf das Bakterienleben ist die Temperatur. Auch hier ist das Optimum, Maximum und Minimum für jede einzelne Bakterienart charakteristisch. Obwohl eine genaue Einteilung der Bakterien auf Grund ihrer Ansprüche an die Temperatur nicht möglich ist, so

heben sich doch drei große Abteilungen deutlich hervor. Die erste sehr umfangreiche Gruppe wächst am besten bei Zimmer- oder Sommertemperatur ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ). Sie wird von der großen Mehrzahl der bei uns in der freien Natur vorkommenden Organismen gebildet. Andere, zu denen auch alle für Tiere und Menschen pathogenen Arten gehören, haben ihr Optimum bei Bluttemperatur ( $37^{\circ}\text{C}$ ). Eine noch höhere Temperatur zu optimalem Wachstum verlangt die eigenartige Gruppe der thermophilen, d. h. der wärmeliebenden Bakterien. Die psychrophilen oder kälteliebenden Bakterien können gutes Wachstum noch bei Temperaturen um  $0^{\circ}\text{C}$  herum zeigen, obwohl ihr Optimum meist zwischen  $10-15^{\circ}\text{C}$  liegt. Sie bilden eine Vorstufe zur ersten Gruppe, da sie hinsichtlich der Kälte nur tolerant zu nennen sind.

Während das Temperaturmaximum allgemein nur wenig überschritten werden darf, wenn die Bakterienzelle nicht absterben soll, so kann die Grenze nach unten hin ohne Schaden weitgehend überschritten werden. Man hat Bakterien Temperaturen von  $-190^{\circ}\text{C}$  20 Stunden lang ausgesetzt, ohne daß sie in ihrer Lebenskraft dadurch irgendwie beeinträchtigt worden wären. Die Sporen sind viel widerstandsfähiger gegen Hitze als die vegetativen Formen. Während diese schon bei  $50^{\circ}\text{C}$  in Flüssigkeiten ohne freie Säuren und Alkalien bald zugrunde gehen, halten Sporen die Kochtemperatur des Wassers aus. Die Zeit, innerhalb welcher die Sporen in heißen Flüssigkeiten von  $100^{\circ}\text{C}$  abgetötet werden, kann aber für die einzelnen Bakterienarten zwischen 1–2 Minuten und ebenso vielen Stunden schwanken.

Auf der Fähigkeit der Bakterien, Kochtemperaturen mehr oder weniger lange auszuhalten, beruhen die Schwierigkeiten, Nährböden, Flüssigkeiten usw. keimfrei zu machen. Das Sterilisieren, die völlige Befreiung fester und flüssiger Körper von lebenden Mikroorganismen, ist eine für fast sämtliche bakteriologischen Arbeiten unerläßliche Vorbedingung. Zur Erreichung dieses Zieles verwendet man möglichst überall die trockene Wärme, indem man die Gegenstände kurze Zeit auf  $160^{\circ}\text{C}$  erhitzt. Von größerer Wirkung ist die feuchte Wärme, wie sie bei strömendem Dampf ( $100^{\circ}\text{C}$ ) oder kochenden Flüssigkeiten vorliegt. Durch Anziehen von

Feuchtigkeit werden die Bakteriensporen empfindlicher. Dampf von über  $100^{\circ}\text{C}$ , wie er bei Benutzung des Autoklaven zur Anwendung kommt, kürzt die Dauer der Sterilisation erheblich ab. Um Nährböden, die durch längeres Erhitzen verderben können, keimfrei zu machen, gebraucht man die fraktionierte oder diskontinuierliche Sterilisation. Man unterbricht den Prozeß nach kurzem Erhitzen im Dampf bei  $100^{\circ}\text{C}$  und setzt ihn nach je 24 oder 48 Stunden in derselben Weise zwei- oder dreimal fort. Durch das erstmalige Erhitzen werden alle vegetativen Zellen mit Sicherheit abgetötet, während die Sporen am Leben bleiben. Diese keimen aber in den folgenden 24—48 Stunden aus und werden dann ebenfalls als empfindliche Stäbchen getroffen. Einzelne übrig gebliebene Sporen können durch nochmalige Wiederholung dieser Maßnahme vernichtet werden. Ein anderes Verfahren, welches noch schonender mit den Nährstoffen umgeht, und selbst leicht gerinnbare Eiweißlösungen fast unverändert läßt, besitzen wir in dem Pasteurisieren. Hier führen längere Zeit hindurch angewendete verhältnismäßig niedrige Temperaturen ( $60\text{—}70^{\circ}\text{C}$ ), meist in Verbindung mit der diskontinuierlichen Methode, zur Entkeimung. Schließlich gibt es noch eine Sterilisation mit Hilfe chemischer Mittel, die als chemische Desinfektion bekannt ist.

Wir sprechen in der Bakteriologie ganz allgemein von Bakterienarten und sind geneigt, ein wohlbegründetes und geordnetes System der Bakterien vorauszusetzen. Botanisch versteht man unter einer Art oder Spezies die Zusammenfassung aller Individuen gleicher Eigenschaften, die in derselben Form auf die Nachkommen vererbt werden. Im Gegensatz zu allen anderen Gruppen des Pflanzen- und Tierreiches fällt es in der Bakteriologie besonders schwer, eine genaue und stets gültige Einteilung unter den Organismen zu finden. Zum Teil liegt dies an der völlig ungenügenden Untersuchung der isolierten Stämme. Ferner bieten die Bakterien wegen ihrer außerordentlichen Kleinheit und ihres einfachen Baues zu wenig deutlich sichtbare morphologische Anhaltspunkte, um Unterschiede erkennen zu lassen. Auch bei der Heranziehung physiologischer Merkmale zur Artbestimmung entstehen große Schwierigkeiten, weil die meisten Eigenschaften der Bakterien außerordentlich veränderlich sind. Farb-

stofferzeugung, Pathogenität, Gärfähigkeit und charakteristische Gestalt können stärkste Ausprägung erfahren oder völlig verschwinden. Selbst grundlegende Eigenschaften, wie Sporenbildung und Erzeugung von Geißeln, gehen mitunter verloren. Von den obligat Anaëroben sind aërobe Abarten bekannt.

Von Anpassung spricht man, wenn bei Darreichung von Rohrzucker Bakterien zur Bildung des Enzyms Invertase übergehen und dadurch in den Stand gesetzt werden, diesen Zucker aufzuspalten. Von einer Konstanz oder scharfen Trennbarkeit der Arten kann wegen all dieser Tatsachen bei Bakterien also nicht die Rede sein. Für uns ist die starke

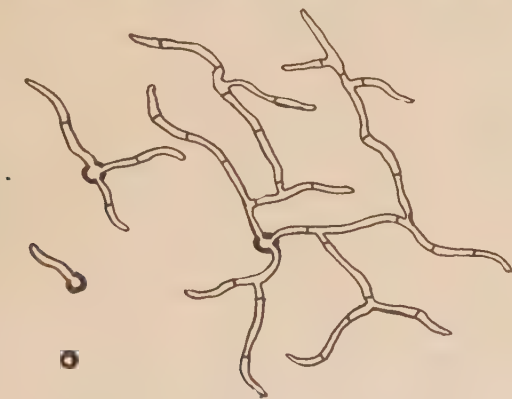


Fig. 10.

Keimung einer Pilzspore und Mycelbildung.

Veränderlichkeit der Arten noch insofern von besonderem Interesse, als der *Bacillus amylobacter* Formen und Varietäten umfaßt, die heute als Erreger der gewöhnlichen Flachs-röste angesehen werden müssen.

Die Benennung der Bakterien erfolgt in der Weise, daß ein übergeordneter umfassender Begriff als Gattungsname für eine Gruppe von Arten genommen wird. Diesem fügt man eine Speziesbezeichnung hinzu. Als weitere Ergänzung verwendet man den Namen der Autoren, die eine Gattung aufstellen oder eine Spezies entdecken. Der in den vorhergehenden Ausführungen häufiger erwähnte Organismus führt dementsprechend die Bezeichnung: *Bacillus amylobacter* A. M. (Arthur Meyer) et Bredemann.

**Schimmelpilze.** Wenn auch in Hinsicht auf die Wasser-  
röste ganz vorwiegend die Bakterien interessieren, so dürfen  
doch nicht einige andere Gruppen von Mikroorganismen ver-  
gessen werden. Bei der Tauröste spielen nach den bis-  
herigen Untersuchungen Pilze die Hauptrolle. Häufig treten  
daneben Hefen und hefeähnliche Organismen auf, die eben-  
falls der Begleitflora der Warmwasserröste in großer Zahl  
angehören.

Die Schimmelpilze bestehen aus reich verzweigten  
schlauchförmigen Zellfäden oder Hyphen, dem Mycel.  
Ihre Gruppe ist nicht scharf umgrenzt, wie der Name auch  
keine wissenschaftliche Bezeichnung darstellt. Mit anderen  
Autoren wollen wir hier unter Schimmelpilzen jene Pilze ver-



Fig. 11.

Endogene Sporenbildung  
bei *Mucor*. Entleerung  
des Sporangiums.

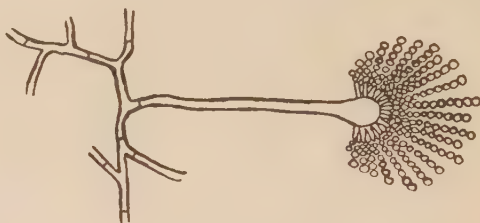


Fig. 12.

Exogene Sporenbildung bei *Aspergillus*. Einfache  
Abschnürung der Konidien-sporen.

standen wissen, die ein typisches Mycel als vegetativen Körper  
besitzen. Die Hyphen sind bei den echten Fadenpilzen durch  
Querwände gegliedert, stellen also Zellreihen dar (Fig. 10),  
während sie bei den einfacher gebauten Algenpilzen ungeteilt  
sind. Das ganze Mycel besteht dann aus einer einzigen Zelle.

Die Vermehrung und Fortpflanzung geschieht  
geschlechtlich oder ungeschlechtlich. Die ungeschlecht-  
liche Vermehrung tritt dadurch ein, daß sich eine häufig  
auf einem besonderen Stiel, dem Träger, sitzende, anschwellende  
Zelle in mehrere oder viele kleine Tochterzellen teilt. Die  
beweglichen oder unbeweglichen zu Sporen sich umbildenden  
Zellen gelangen durch eine Öffnung in der Wandung der Sporen-  
mutterzelle, dem Sporangium, ins Freie (Fig. 11). Diese Endo-  
sporen liefern beim Auskeimen wieder einen neuen Pilzkörper.

Eine andere Weise der ungeschlechtlichen Vermehrung geht durch die Bildung von Exo- oder Konidiensporen vor sich, bei der runde oder ovale Zellen in langen Reihen von dem Mycel abgeschnürt werden können. *Aspergillus*, einer der gemeinsten Schimmelpilze, der auf feuchten Pflanzenteilen, Brot usw. auftritt und dort blaugrüne Überzüge, den Schimmel, bildet, zeigt dies in sehr schöner Weise (Fig. 12).

Die geschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Verschmelzen, d. h. Kopulieren zweier gleich- oder verschieden-gestalteter Zellen, der größeren Eizelle, gebildet in den Oogonien, und der kleineren männlichen Zelle, Spermatozoid, gebildet in den Antheridien. Erst nach Vereinigung der beiden Zellen kann bei der geschlechtlichen Vermehrung die Weiterentwicklung einsetzen. Obwohl die Pilzsporen gewöhnlich von einer derben Membran umgeben sind und sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Einflüsse auszeichnen, sind sie doch nicht mit den resistenten Bakteriensporen zu vergleichen. Sie vertragen zum Teil langes Austrocknen, werden aber durch Temperaturen von 100° C schnell getötet.

Die Zellen enthalten ein oder zwei, meist aber viele winzige Zellkerne. Die Stelle der echten Stärke oder des Iogens vertritt hier lediglich das Glykogen, welches in großen Mengen gespeichert wird. Ebenso ist Fett oder fettes Öl häufig in großen Tropfen zu finden. Die Pilze sind parasitischer oder saprophytischer Lebensweise angepaßt, d. h. dem Leben auf Pflanzen und Tieren oder abgestorbenen Resten derselben. Die Hyphen wachsen an der Oberfläche und durchdringen die Unterlage nach allen Richtungen, um ihr die für den Aufbau erforderlichen Stoffe zu entziehen. Über die Abscheidung von Enzymen und ihre Wirkungen kann im allgemeinen auf das bei den Bakterien Gesagte verwiesen werden. Die Pilze sind mehr oder weniger sauerstoffliebende Organismen. Manche können sich sogar noch bei Ausschluß desselben entwickeln. Die Bildung freier organischer Säuren, d. h. typische Säuregärungen, kommen wohl bei einzelnen Pilzarten vor, doch sind sie im allgemeinen, besonders unsere gewöhnlichen Schimmelpilze, kräftige Säurezehrer. In Reinkultur wachsen sie im Gegensatz zu den Bakterien besser auf schwach sauren Nährböden.

**Sproßpilze, Hefen, Saccharomyceten.** Es ist unzulässig, die Bezeichnungen Sproßpilze, Hefen und Saccharomyceten einander gleich zu setzen, wie wir es vielfach in Büchern und auch neueren Abhandlungen finden. Sproßpilze nennen wir alle die einzelligen Pilze, welche sich durch Sprossung vermehren, Hefen aber nur solche, welche in zuckerhaltigen Flüssigkeiten eine Alkoholgärung hervorrufen können. Beide Bezeichnungen sind keine systematischen. Saccharomyceten sind Sproßpilze, welche Endosporen bilden. In die nächste Verwandtschaft der Saccharomyceten gehören die *Mycoderma*- und *Torula*arten, die als Organismen der Wasser- und Landröste von großer Bedeutung sind.

Der Name *Saccharomyces* oder Zuckerpilz deutet an, daß wir es mit zuckerliebenden Organismen zu tun haben. Charakteristisch für die Sproßpilze ist die Art der



Fig. 13.

Vegetative Vermehrung der Hefe durch Sprossung.

Vermehrung durch Hervorsprossen neuer Zellen aus den rundlichen, ovalen oder zylindrischen ursprünglichen Formen (Fig. 13). Sie nehmen durch Wachstum allmählich die Größe und Gestalt der Mutterzelle an und trennen sich entweder von dieser oder bleiben längere Zeit mit ihr verbunden. Dadurch entstehen größere oder kleinere Sproßverbände. Eine besondere Gruppe weicht von dieser Sproßbildung ab und vermehrt sich durch Spaltung genau so wie die Bakterien, weshalb sie entsprechend der Bezeichnung Schizomyceten für die Bakterien den Namen Schizosaccharomyceten bekommen hat. Die Schizosaccharomyceten fallen also nicht mit unter den Begriff Sproßpilze. Als Sammelname kann „Hefen und hefeähnliche Pilze“ gelten.

Mycelbildung kommt bei diesen Organismen nicht vor. Die Zellhaut kann mit dem Alter besonders dicht und fest werden, wodurch die sogenannten Dauerzellen entstehen. Unter gewissen Bedingungen erzeugen Saccharomyceten gegen Austrocknen sehr widerstandsfähige Endosporen (Fig. 14). Die Zellen der Sproßpilze verfügen über einen deutlich sichtbaren großen Kern, der zu dem Begriff einer Zelle gehört, und der

sich bei der Vermehrung dauernd teilt. Als Reservestoffe kommen, wie bei den Schimmelpilzen, häufig große Mengen Glykogen und viel Fett oder Öl vor.

Neu sind hier die in der Zelle gebildeten sehr verschieden großen Vakuolen oder Zellsafträume. Die Keimung der Sporen vollzieht sich durch Sprengung der Sporenmutterzelle infolge Wasseraufnahme und Schwellung des im Innern liegenden Keimlings. Beim Austreten der Keimzelle kann sofort die Sproßbildung einsetzen (Fig. 14).

Die von den Saccharomyceten und Hefen am besten ausnutzbaren Kohlenstoffquellen sind die einfachen Zuckerarten, Glukose und Fruktose, dann erst die Saccharose, die hydrolytisch in die beiden ersteren zerfällt. Über das notwendige Enzym dazu, die Invertase, verfügen die allermeisten Hefen in reichlichem Maße. Pektine sollen, wenn nicht für den Aufbau der Zellen, so doch mindestens für einen günstigen Verlauf der von ihnen bewirkten Gärungen unentbehrlich sein. Die Hefen haben deshalb vielleicht einen größeren Anteil an der Beseitigung der Pektinstoffe bei gewissen Röstarten, als man bisher annimmt.

Die Sproßpilze ziehen im allgemeinen einen schwach sauren Nährboden vor, verhalten sich aber verschieden gegenüber freien Säuren. Milchsäure und Essigsäure werden von den Hefen in größeren Mengen gut vertragen. Buttersäure hat schon in geringerer Konzentration einen schädlichen Einfluß. Für manche Arten bilden viele organische Säuren geradezu eine gute Kohlenstoffquelle. Sproßpilze sind vorwiegend sauerstoffliebende Organismen, vermögen aber eine kurze Zeit auch unter Sauerstoffausschluß intramolekular zu atmen. Daneben gibt es eine Reihe von Hefen mit sehr geringem Sauerstoffbedürfnis, streng anaerobe Arten sind jedoch bis jetzt mit Sicherheit nicht festgestellt worden.

**Saccharomyces ähnliche Pilze.** Zuletzt sind noch für unsere späteren Betrachtungen über die Röste eine Reihe von

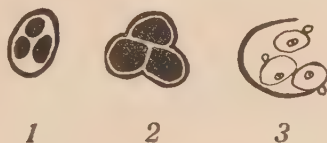


Fig. 14.

Vermehrung der Saccharomyceten.  
1. Sporenbildung. 2. Sporenkeimung.  
3. Sproßbildung. Nach Fuhrmann.

Pilzen zu nennen, die den Hefen oder den Saccharomyceten mehr oder weniger ähnlich sind, die Mycodermen, die Torulaceen und die Oidien.

Die Mycodermaarten sind mikroskopisch fast nicht von den echten Saccharomyceten zu unterscheiden, es sei denn durch ihre ausschließliche Vermehrung durch Sprossung. Auch rufen sie keine alkoholische Gärung hervor. Bei Luftmangel werden mycelartige, langgestreckte, atypische Zellen ausgebildet (Fig. 15), während sie sonst ganz die Formen von Hefezellen haben. Sie speichern Glykogen und Fett wie die Sproßpilze. Die Mycodermen sind sehr sauerstoffbedürftige Organismen und bilden an der Oberfläche von Flüssigkeiten charakteristische dichte Decken oder Kahmhäute. Ihre sehr reich verzweigten und dicht miteinander verflochtenen Sproß-

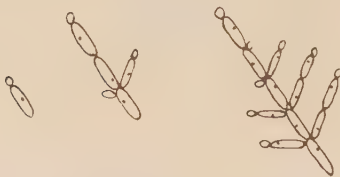


Fig. 15.

Sproßverbände von Mycoderma in Flüssigkeiten. Nach Lafar.

verbände werden vom Wasser schwer benetzt, schließen eine Menge kleiner Bläschen aus Luft, Kohlensäure und anderen aus der Gärflüssigkeit aufsteigenden Gasen ein und schwimmen daher, obwohl spezifisch schwerer als die Flüssigkeit, obenauf. Trotz ihrer Fähigkeit, Säure zu

bilden, können die Mycodermen zu ihrem Wachstum auch eine Anzahl von organischen Säuren verwenden. Die verschiedenen Rassen oder Arten zeigen aber große Unterschiede. Säurezerstörung oder Säurezunahme hängt von den äußeren Bedingungen ab, wie von der hinzutretenden Luft, der Menge der Flüssigkeit und der Art der Stickstoffquelle.

Die Torulaceen sind nicht sporenbildende Sproßpilze wie die Mycodermen, unterscheiden sich aber von diesen entweder durch ihre einfacheren und gleichmäßigeren Formen oder, wenn sie dieselbe Vielgestaltigkeit wie Mycoderma besitzen, durch ihr Gärvermögen. Scharf läßt sich die Gruppe der Torulaceen nicht abgrenzen. Säuretilgung ist bei ihnen im allgemeinen größer als Säurebildung. Sie gedeihen am besten auf leicht saurem Nährboden und bei ungehindertem Luftzutritt, obwohl sie im ganzen nicht so sauerstoffbedürftig

sind wie *Mycoderma* und sich auch noch unter ziemlich hoher Flüssigkeitsschicht vermehren. Auch sie entwickeln sich besonders an der Flüssigkeitsoberfläche unter Hautbildung.

Wichtig ist ferner die Gattung *Oidium*, Eischimmel, die genau genommen gleichfalls nicht mehr zu den *Saccharomyceten* gehört. Die *Oidien*arten stellen Übergänge zu den Faden- oder Schimmelpilzen dar. Sie bilden ein typisches Mycel aus, das aus verzweigten, durch vereinzelte Querwände geteilten Hyphen besteht. Das allgemein verbreitete *Oidium lactis*, der Milchsimmel, tritt als feiner weißer Flaum, als mehrlartiger trockener Belag oder als schlei-

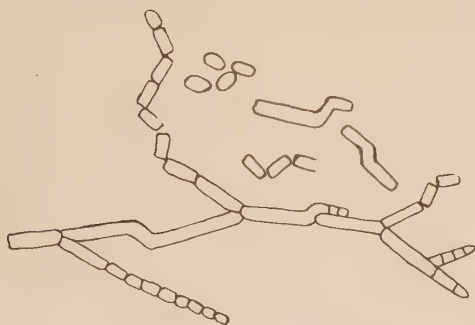


Fig. 16.

Mycel von *Oidium lactis*, z. T. durch Querbildung in die fast rechteckigen Oidien zerfallend.

miger Überzug auf. Infolge starker Verflechtung der Zellfäden kann eine so dichte Haut entstehen, daß sie von den unter ihr sich ansammelnden Gärgasen aufgebläht wird. An dem Mycel, besonders an den Enden der Hyphen, findet später reichliche Querwandbildung statt, wodurch typisch gebrochene Zellketten und fast rechteckige kurze Zellen, die Oidien, entstehen (Fig. 16). Glukose wird von ihm besonders leicht vergoren, auch Milchsäure ist für ihn eine gute Kohlenstoffquelle, weshalb der Säuregehalt in saurer Milch sinkt.

### Spezielle Mykologie.

Schon lange weiß man, daß Art und Verlauf der Röste je nach den gegebenen Bedingungen sehr verschieden sind, aber auch willkürlich beeinflusst

werden können, und daß von einer richtig geführten Röste die Güte der Faser mit all ihren Eigenschaften abhängt. Die angedeuteten Vorteile sind vorwiegend ein Werk der spezifischen Rösterreger. Nicht nur Begünstigung, d. h. schnellere und reine Entwicklung der Röstbakterien, sondern auch die Anwendung neuer, bisher industriell noch nicht verwerteter Organismen vermögen den Gang der Röste zu beeinflussen. Da sich die verschiedenen Rösterreger in mannigfacher Weise voneinander unterscheiden und ihre Kenntnis sowohl für die Kontrolle und Beurteilung einer Röste wichtig, als auch von Interesse für die reine Wissenschaft ist, so sollen dieselben hier kurz nebeneinander gestellt werden.

**Bacillus amylobacter.** Der erste, der eines bestimmten Rösterregers für Faserpflanzen, darunter Flachs, Erwähnung tat, war van Tieghem (1879) mit seinem *Bacillus amylobacter*,

einem ganz allgemein bei der Zersetzung pflanzlicher Stoffe auftretenden Organismus. Es stellte sich durch seine Untersuchungen heraus, daß nichts anderes als der Pasteursche *Buttersäurebacillus* ist und daher auch mit dem *Clostridium butyricum* von Prażmowski identisch sein muß (Fig. 17). Die Stäbchen schwellen während der Sporenbildung zu einer mehr oder minder deutlichen Spindelform an, können aber auch im End-



Fig. 17.

*Clostridium butyricum* Prażmowski. 1, 2 vegetative Zellen, 3, 5, 6 zur Sporenbildung übergehend. 4, 7 Sporenbildung. 8–12 reife Sporangien, 9, 11, 12 ohne die mit Jod sich bläuende Granulose. Alle übrigen Zellen mit Granulose. 11 Sporangium mit zwei Sporen. Nach Lafar.

stadium Plektridien darstellen. Van Tieghem unterließ es, die Tätigkeit seines *Bacillus amylobacter* beim Rösten von Faserpflanzen genau zu untersuchen, weshalb er zu einer falschen Ansicht über das Wesen der Röste kam. Tat-

sächlich wurden die charakteristischen Amylobacterformen von späteren Forschern stets in großer Anzahl innerhalb des Parenchymgewebes wiedergefunden. Sie können infolge ihres Gehaltes an Iogen und Glykogen durch die Violettfärbung mit Jodlösung leicht nachgewiesen werden. Der Organismus wächst unter anaëroben Verhältnissen und greift Zellulose nicht an. Auch van Tieghem erwähnte ausdrücklich, daß der *Bacillus amylobacter* die Zellulose der Bastfasern in der Röste unberührt lasse.

*Plectridium Fries*. Das Verdienst, einen Röst-erreger genauer untersucht und beschrieben zu haben, kommt Fries und Winogradsky zu (1895). Aus künstlichen anaëroben Laboratoriumsrösten mit Flachs konnte Fries ein unter Anschwellung endständige Sporen bildendes Bacterium isolieren, das in Reinkultur Flachs in kurzer Zeit vorzüglich röstete. Die jungen Stäbchen sollen 10–15  $\mu$  lang und 0,8  $\mu$  dick gewesen sein, doch wurden auch viele längere fadenartige Formen beobachtet. Die in den Köpfchen gebildeten eiförmigen Sporen waren  $1,8 \times 1,2 \mu$  groß. Der Bacillus muß also *Plectridium*-gestalt gehabt haben. Eine nähere Bezeichnung erhielt er nicht. Er vergärt Stärke und Glukose, vermag aber Zellulose nicht anzugreifen. Pektinstoffe, die aus den verschiedensten Pflanzen auf chemischem Wege gewonnen waren, wurden leicht zersetzt. Von der Jodreaktion sprechen die Verfasser nicht, obwohl man die Anwesenheit von Glykogen in den Stäbchen annehmen muß.

*Granulobacter pectinovorum* Beijerinck et van Delden. Einen sehr ähnlichen Erreger der Flachsröste wie Fries und Winogradsky fanden Beijerinck und van Delden (1904), den sie wegen seines auffallenden Granulosegehaltes *Granulobacter pectinovorum*, d. h. Pektin verzehrendes granulosehaltiges Bacterium, nannten (Fig. 18). Die

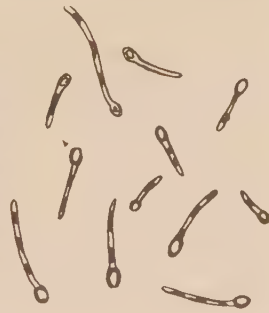


Fig. 18.

*Granulobacter pectinovorum*  
Beijerinck et van Delden.

*Plectridium*-formen. Die dunklen Stellen geben die mit Jodlösung sich färbenden Glykogenmassen wieder.

dunklen Stellen, welche die gewundenen Stäbchen auch ganz einnehmen können, stellen Granulose dar. Die beiden Forscher fanden den Organismus in einer kleinen versuchsmäßigen Röste mit Wasserdurchströmung auf den Flachstengeln fast in Reinkultur. Sie haben ihn auch in technischen Röstern nachgewiesen. Beijerinck selbst hält ihn für identisch mit dem *Plectridium Friebe*s und schreibt diesem die Entdeckung des Bacterium zu, auf dessen Tätigkeit eigentlich alle mit Wasser stattfindenden Röstern beruhen. Ebenso will er das *Plectridium pectinovorum* Störmer nicht als besonderen Röstorganismus anerkannt haben. Die Maße des *Granulobacter pectinovorum* stimmen aufs beste mit denen des *Plectridium Friebe*s überein. Die Stäbchen sind  $10-15 \times 0,8 \mu$  und die Sporen  $1,8 \times 1,2 \mu$  groß. Im Gegensatz zu *Plectridium pectinovorum* verwendet *Granulobacter* die Stärke nicht als Kohlenstoffquelle. Zellulose greift es gleichfalls nicht an.

*Granulobacter urocephalum*. Neben dem *Gr. pectinovorum* finden Beijerinck und van Delden auf röstendem Flachs einen zweiten Organismus, *Gr. urocephalum*, der von dem ersten äußerlich kaum zu unterscheiden ist. Er zeigt die Form des Trommelschlägers noch typischer. Nach Beijerinck unterscheidet er sich von dem *Gr. pectinovorum* durch geringere Absonderung von Pektinase und tritt daher seltener auf röstendem Flachs auf. Stärke und Zellulose läßt *Gr. urocephalum* wie sein Begleiter unberührt. Beide Arten sind kräftige Trypsinbildner und dadurch imstande, sich die unlöslichen Eiweißstoffe im Pflanzenstengel leicht zu eigen zu machen, was ihnen beim Rösten zustatten kommt. Iogen und Granulose wird, wie der Name schon sagt, auch von *Gr. urocephalum* gespeichert.

Nach alledem scheint es, daß wir es hier nicht mit einem besonderen Organismus zu tun haben. Die Erzeugung von Enzymen ist eine bei Bakterien sehr labile Eigenschaft, die sich zur Unterscheidung von Arten wenig verwenden läßt. Bredemann hält das *Gr. urocephalum* daher für eine Varietät des *Gr. pectinovorum*.

*Plectridium pectinovorum* Störmer. Im gleichen

Jahre wie Beijerinck und van Delden in Holland züchtete Störmer in Deutschland von Röstmaterial aus Warmwasserrösten sein *Plectridium pectinovorum*, das er morphologisch und physiologisch eingehend in der bekannten Arbeit „Über die Wasserröste des Flachses“ beschreibt. Bei einer Länge im allgemeinen von 10–15  $\mu$  und einer Breite von 0,8–1,0  $\mu$  ist das Stäbchen ebenso groß wie das *Plectridium Friebe*s, unterscheidet sich von diesem aber durch die beträchtlich größeren Sporen, welche die Maße von 2,5–3,0  $\times$  1,6–2,0  $\mu$  besitzen. Bedeutungsvoller als dies morphologische Merkmal ist für das *Plectridium* seine geringere Empfindlichkeit für Sauerstoff gegenüber anderen Arten. Die Kolonien von *Plectridium pectinovorum* können in der Tiefe einer 1–2 mm tiefen Schicht von saurer Erbsenwurzelextraktgelatine gut zur Entwicklung gelangen, ohne daß der darüberliegende Sauerstoff besonders fortgenommen zu werden braucht. Andererseits vermag es in Reinkultur wegen Anwesenheit von Sauerstoff, wie Störmer angibt, Flachs und Hanf bei höherer Flüssigkeitsschicht nicht zu rösten. Erst in Symbiose mit einem Sauerstoff bedürftigen Organismus führt der Bacillus die Röste energisch durch. Die im einzelnen abweichenden Merkmale hält Bredemann nicht für bedeutend genug, um das *Plectridium* in systematischer Beziehung von den übrigen Rösterregern zu trennen.

*Clostridium Behrens*. Als Rösterreger auf Hanf wurde von Behrens (1902) wiederum ein *Clostridium* gefunden, das dieser Autor allerdings nicht dem oben angeführten *Clostridium butyricum* Prażmowski gleichsetzen möchte. Jedoch hat es vieles mit den übrigen Rösterregern gemeinsam. Stärke vergärt es nicht, Zellulose bleibt unangerührt. Mit Jodlösung tritt die bekannte Färbung ein.

*Species Bacillus amylobacter*. Es ist hier nicht der Platz zu Erörterungen, mit wieviel Berechtigung man die genannten Rösterreger zu einer einzigen Art zusammenfassen kann. Jedoch wäre es weder vom wissenschaftlichen Standpunkte noch im Hinblick auf die Praxis richtig, Arten zu unterscheiden und als solche in der Literatur fortzuführen, wenn nicht wohlbegründete Unterlagen für ihre Verschieden-

heiten vorhanden sind. Besonders bei den anaëroben Arten muß man mit einer leichten Veränderlichkeit der Eigenschaften rechnen. Man trennt sie in zwei Gruppen: die relativ oder absolut stabilen Arten, welche durch Einflüsse künstlicher Nährböden nicht beeinflußt werden, und Arten, welche sich sehr leicht verändern. Letztere bleiben auf Zuckernährböden ohne Sporenbildung und entwickeln dicke, Granulose speichernde Formen, auf Eiweißnährböden werden sie aber zu Fäulnisregern und Sporen erzeugenden Plektridien. Wie bei den höheren Pflanzen unterscheidet man auch bei den Bakterien alle Arten von Variationen, d. h. es kommen geringere oder stärkere, plötzlich und langsam eintretende Abweichungen vom normalen Typus vor. Die einen sind erblich und konstant und lassen sich nur schwer wieder rückgängig machen, die anderen, die am häufigsten bei Bakterien und besonders bei allen länger in künstlicher Kultur gehaltenen Stämmen eintreten, sind leicht wieder durch den Variationsreiz in den Typus zurückzuverwandeln.

Es ist begreiflich, daß die Anaëroben, welche unter natürlichen Verhältnissen auf eine besonders enge Lebensgemeinschaft mit anderen Organismen angewiesen sind, in der verschiedensten Weise darauf reagieren, wenn sie aus dieser Umgebung plötzlich herausgerissen und unter ganz abnorme Bedingungen gebracht werden.

Bei der an und für sich schon in der systematischen Bakteriologie bestehenden Verwirrung ist es zu begrüßen, daß Wissenschaftler Versuche unternommen haben, um, so gut es bei den fließenden Grenzen einer Bakterienspezies geht, Varietäten, Formen und Rassen unter einer Artbezeichnung zusammen zu fassen.

Hierbei hat sich in Beziehung auf die Rösterreger und die ihnen verwandten Arten Bredemann ein großes Verdienst erworben. Auf Grund eingehender Prüfungen von wichtigen morphologischen und physiologischen Eigenschaften zahlreicher Stämme hat er gefunden, daß zu der von ihm neu aufgestellten und *Bacillus amylobacter* A. M. benannten Spezies außer einigen uns hier weniger interessierenden, früher selbständigen Clostridien und

Amylobacterarten bestimmt *Granulobacter pectinovorum* und das später noch anzuführende, auch bei der Röste sich anhäufende *Granulobacter butyricum* gehören. Ferner hält er eine Reihe anderer Arten für sehr wahrscheinlich gleichbedeutend mit *Bacillus amylobacter*. Sämtliche Merkmale sprechen für die Zusammengehörigkeit, keines dagegen. Die für uns in Betracht kommenden Formen sind das erwähnte *Clostridium butyricum* Prażmowski, *Clostridium Behrens*, *Plectridium pectinovorum* Störmer, *Granulobacter urocephalum* Beijerinck et van Delden und *Granulobacter saccharobutyricum* Beijerinck.

Von den beiden Forschern Beijerinck und van Delden wurden vier einander ähnliche anaërobe Arten auf röstendem Flachs vorgefunden, von welchen zwei, *Gr. pectinovorum* und *Gr. urocephalum*, als Pektinase abscheidend und direkt an der Röste beteiligt, schon erwähnt wurden. Die beiden anderen, *Gr. butyricum* und *Gr. saccharobutyricum*, sollten ohne Einfluß auf die Röste sein, da sie das Enzym nicht erzeugen. Aber Beijerinck erwähnt in der gleichen Arbeit selbst, daß alle von ihm untersuchten pektinzehrenden Bakterien durch das plötzliche und fast launenhafte Verschwinden der Pektinasebildung ausgezeichnet sind. Dieses Merkmal kann also nicht zur Trennung in die angegebenen vier Arten verwendet werden. Für *Gr. butyricum* wird von Bredemann der stricte Beweis geführt, daß es identisch mit *Gr. pectinovorum* ist. Über die Zusammengehörigkeit von *Gr. pectinovorum* und *urocephalum*, die geringfügigere Unterschiede in der Sporangiumform, der Pektinaseabscheidung und der Stickstoffernährung zeigen, war schon vorher die Rede. Auch bei anderen Stämmen des *Bacillus amylobacter* hat Bredemann ähnliche Verschiedenheiten festgestellt und sie durch länger fortgesetzte Züchtung unter denselben Bedingungen mehr und mehr zum Schwinden gebracht.

Derselbe Autor betont, daß die Formen der Sporangien, also der Clostridien- und Plectridienformen und der unverändert bleibenden Stäbchen, als Mittel zur Unterscheidung von Arten nicht benutzt werden können. Die Mannigfaltigkeit

in der Form der Sporen führenden Stäbchen bei *Bacillus amylobacter* hatte schon Trécul (1865) beobachtet und sie daher in *Clostridium*- (Spindel-), *Urocephalum*- (Kaulquappen-) und *Amylobacter*- (Zylinder-) Formen eingeteilt. Andere Forscher zeigten später, daß alle drei Zustände zusammen mit den verschiedensten Übergangsformen bei ein und derselben Spezies vorkommen können. Es ist demnach unberechtigt, die auf röstenden Faserstengeln auftretenden Bakterien scharf in *Plektridien* und *Clostridien* zu unterscheiden. Es können eine Menge der verschiedensten Formen in ganz regelloser Weise bei der Röste auftreten, die der Gruppe des *Bacillus amylobacter* angehören. Jedenfalls



Fig. 19.

*Bacillus amylobacter*. Die Stäbchenformen sind vorwiegend in der Röstflüssigkeit anzutreffen, doch auch im Flachsstengel selbst.  
1 Sporangium mit 2 Sporen.



Fig. 21.

*Bacillus amylobacter*, besonders groß, auf chinesischem Flachs.

kann man nicht nachweisen, daß nur *Clostridien* den Hanf und nur *Plektridien* den Flachs rösten. Dies ungleiche Auftreten bestimmter Formen ist eine Bestätigung der Brede-mannschen Ansicht über die Identität der Vertreter des *Bacillus amylobacter*.

Neben den bekannten, schon erwähnten Rösterregern seien noch einige andere häufiger anzutreffende Formen angeführt. Die schmalen, trotz Sporenbildung ohne Anschwellung bleibenden Stäbchen sind eigentlich in den meisten Fällen untermischt mit *Clostridien* und *Plektridien*, wenn sie auch manchmal seltener sind. Mit den letzteren zusammen treten sie vornehmlich auf Flachs, doch bei einzelnen Röstern auch zahlreicher auf Hanf, auf. Übergangsformen, die lückenlos bis zu dem besonders charakte-

ristischen Plectridium hinführen, können dabei beobachtet werden. Die Länge und Dicke dieser Stäbchen ist sehr verschieden. Ganz vereinzelt sind sie mit zwei Sporen ausgerüstet (Fig. 19). Die Ausbildung solcher Sporangien ist nur bei sehr wenigen Bakterienarten gefunden worden, wird aber von Bredemann für seine Amylobacterstämme als nicht selten angegeben. Sie konnten nur im Röstwasser beobachtet werden. Manchmal tritt auf Flachs vorwiegend ein kurzes gedrungenes keulenförmiges Stäbchen auf, das sich, wenn das sporenfreie Ende länger erscheint, wieder der bekannten Plectridiengestalt nähert (Fig. 20). Ganz lange, fadenförmige, schlangenartig gewundene Zellen kommen beim Rösten von



Fig. 20.

Bacillus amylobacter. Sein Polymorphismus. 1 Keulen-, 2 Plectridium-, 3 Schlangen-, 4 Clostridiumformen im Rindenparenchym des Stengels. 5 stark vergrößerte Sporenköpfchen.

sterilisiertem Flachs zur Entwicklung. Hier ist die Beschaffenheit des Röstgutes, das chemische und physikalische Veränderungen erlitten hat, die Ursache der Formenänderungen. Das dreimalige längere Erhitzen führt die Pflanzensubstanz, insbesondere auch das Pektin, in einen stark gequollenen Zustand über und macht sie dadurch für die Bakterien leichter angreifbar. Schon Bredemann hat die Wirkung der verschiedenen Nährböden auf Bacillus amylobacter hervorgehoben. Friebe und Winogradsky haben gleichfalls die fadenförmigen Rösterreger bei Versuchen mit sterilisiertem Material beobachtet.

Auf röstendem, aus China stammendem, kurzem, sehr dickstengligem Samenflachs trat ein abnorm großes kräftiges Plectridium zusammen mit unverändert gebliebenen Stäbchen

und etwas clostridiumartig angeschwollenen Formen auf (Fig. 21). Clostridien fanden sich auf Flachs auch bei Rösten mit geringer Luftzufuhr (Fig. 20), aber noch typischer und zahlreicher waren sie auf entholztem Flachs, welcher der Warmwasserröste unterzogen wurde.

Nicht viel anders sind die Formen der Röstorganismen auf Hanf. Obwohl als solche bis jetzt lediglich echte Clostridien beschrieben worden sind, findet man in Hanfrösten häufig genug vorwiegend nur charakteristische Trommelschlägerformen (Fig. 22). Auch geringe Abweichungen von der typischen Spindelform und die lang ausgezogenen fadenförmigen Plektridien auf sterilisiertem Hanf sind leicht zu beobachten.



Fig. 22.

Die Formen des *Bacillus amylobacter* im Rindenparenchym und auf der Faser röstender Hanfstengel. Die Glykogenmassen wieder schwarz gehalten. 1 Stäbchen, 2 Plektridien, 3 Clostridien, 4 schlangenförmige Gestalten.

Der Formenreichtum der Rösterreger erklärt sich ernährungsphysiologisch durch den großen Unterschied des Röstmaterials. Es ist für Flachs als auch besonders für Hanf bekannt, daß er dem Röstprozeß mitunter großen Widerstand entgegensetzt. Allgemeine klimatische Verhältnisse, Feuchtigkeit und Wärme während der Vegetationsperiode, Beschaffenheit und Kultur des Bodens geben ein für die Röste verschiedenwertiges Stroh. Der Reifegrad und das Anregen der Faserpflanzen auf dem offenen Felde ist von großem Einfluß. Nicht nur die Pektinstoffe, deren Umwandlung in der Pflanze wir kennen gelernt haben, auch die Menge und Beschaffenheit der Stickstoffquellen, der Kohlehydrate und Mineralstoffe kommen für die Bakterien in Betracht. Das

biologische Bild der Hanf- und Flachsröste weicht von einander ab. Die Ursachen hierfür können sowohl chemischer wie physikalischer Natur sein. Es ist eine bekannte Tatsache in der Bakteriologie, daß die Kolloide von höchster Bedeutung für die Tätigkeit und Lebensäußerungen der Mikroorganismen sind, und daß ohne dieselben manche mikrobiologischen Vorgänge auf ein geringes Maß zurückgehen oder gar stehen bleiben. Die Kolloide erfahren dauernd Zustandsänderungen. Wenn das Bakterienleben mit ihnen in engem Zusammenhang steht, so wird es dementsprechend reagieren. Auf solche Einflüsse mögen die schlangenartig gewundenen Formen der Plektridien zurückzuführen sein. Man sieht, es gibt genügend Gründe, die auf die Vielgestaltigkeit der Organismen einwirken können.

Bacillus amylobacter in der Röste. Der Nachweis des Bacillus amylobacter auf Flachs oder Hanf in all den möglichen Formarten wird sehr erleichtert durch ihre dunkelblaue, violette oder tiefbraune Färbung mit Jod, welche sie infolge ihres Gehaltes an Iogen und Glykogen geben. Beide Körper werden in inniger Mischung und sehr verschiedenem Verhältnis im Innern der Zellen abgelagert. Von dem Mischungsverhältnis ist die jeweilig auftretende Färbung abhängig. Wir sehen in den zahlreichen Figuren der vorangehenden Seiten überall das Iogen und Glykogen, wie es sich nach Reaktion mit Jod dargestellt hat, eingezeichnet und können daraus die ungleichmäßige Verteilung derselben in den Bakterien erkennen. Bestimmte Formen haben vielleicht in ziemlich regelmäßiger Weise wiederkehrende Lagerung dieser Reservestoffe aufzuweisen, aber eine Gesetzmäßigkeit ist nicht vorhanden. Das Glykogen (es sei hier bloß von diesem gesprochen, da es der Menge nach anscheinend immer stärker als das sich blau färbende Iogen gebildet wird) füllt mitunter die ganze Zelle bis auf ein oder zwei polargelegene kleine Stellen (Fig. 19). Ist der polare helle Fleck größer, so sieht man deutlich, daß er von der Spore oder Sporenanlage eingenommen wird (Fig. 22). Am sichtbarsten ist diese von Glykogen freibleibende Lage der Spore bei den Plektridien (Fig. 20, 22). Nicht selten erweitert sich der Fleck zu einer

größeren hellen Stelle, sodaß die eine Hälfte mit Glykogen gefüllt erscheint, während die andere vollkommen frei davon ist (Fig. 19, 22). Noch unregelmäßiger gestaltet sich die Verteilung des Glykogens dadurch, daß es in mehr oder weniger großen Körnchen — daher der Name Granulose — oder bei den langen Stäbchen und fadenförmigen Zellen in Streifen vorkommt (Fig. 20, 22). Bei starken Vergrößerungen kann man mit genügender Schärfe sehen, daß die die Sporen umgebenden Teile der Mutterzelle Glykogen entweder körnig oder in geschlossener Masse enthalten (Fig. 20).

Nur zeitweise führen die Bakterien in der Röste Glykogen, was mit der Bedeutung dieses Reservestoffes für die Bakterienzelle in Zusammenhang steht. Die jungen Stäbchen haben noch kein Glykogen gespeichert. Sie färben sich mit Jod nur leicht gelb infolge ihres Gehaltes an Eiweißstoffen, der auf dieser Entwicklungsstufe verhältnismäßig groß ist. Solche Stäbchen sind jedoch in der Rinde und auf der Faser des röstenden Pflanzenstengels selten anzutreffen und meist nur vor Beginn des Röstprozesses. Auf dem Stengel gehen die Individuen ganz allgemein aus der Teilung der Stäbchen hervor, nicht aus der Keimung der Sporen wie ganz zu Anfang der Röste, und speichern dann Glykogen. Die durch Spaltung entstehenden Tochterzellen sind beide gleich alt und weisen, sofern nicht die Zellteilungen zu schnell auf einander folgen und das Auswachsen der Zellen gleichen Schritt halten kann, dieselben Inhaltsbestandteile auf. Sobald sich daher die Röstwirkung am Flachs- oder Hanfstengel zeigt, färben sich die vorgefundenen Rösterreger intensiv mit Jodlösung und fallen dadurch im mikroskopischen Bilde der Stengelrinde und der Faser auf.

Gegen Ende der Röste haben die Anhäufung der Bakterien im Innern der Stengelrinde und der Glykogengehalt der Plektridien und Clostridien ihren Höhepunkt erreicht. Am besten ist diese Beobachtung bei vorsichtigem Abziehen der Faserbänder vom Holzkörper und Betrachten der Innenseite der Faser zu machen. Doch sind auch schon alternde Bakterien zu finden, welche nur eine blasse Violettfärbung geben, und deren

Zellmembran und Inhaltsbestandteile im Schwinden begriffen sind. Die Sporen treten alleine noch hervor und gelangen bald in Freiheit. Während der Röststreife geht dieser Prozeß der Autolyse sehr schnell vor sich. Trotz Vorhandensein von noch ziemlich viel Pektin sind verhältnismäßig wenig kräftige vegetative Stäbchen auffindbar, und auch diese sind meist nur schwach mit Glykogen versehen. Den Fasern des Schwungflachses haften daher seltener sporentragende Stäbchen der Rösterreger an, welche auf ihnen durch die künstliche Trocknung fixiert werden und sich dort durch besondere Färbeverfahren nachweisen lassen. Die Röststreife gibt sich somit mehr oder weniger dadurch zu erkennen, daß die Vermehrung der Röstorganismen starken Abbruch erleidet. Die Individuen unterliegen infolge Ansammlung von Stoffwechselprodukten, wie Säuren oder Nährstoffmangel, nach Ausbildung einer Spore dem Zerfall. Von diesem Augenblick ab verlieren sie ihre auf Glykogenspeicherung sich gründende leichte Nachweisbarkeit. Genau läßt sich aber das Ende des technischen Röstvorganges vermittelt dieser mikroskopischen Prüfung nicht erfassen.

Die Röstbakterien treten nicht bloß im Innern der Faserstengel auf, sondern verbreiten sich auch in der Röstflüssigkeit mit Hilfe ihrer Geißeln. Sie vermögen daher durch den ihnen innewohnenden Richtungssinn passende Lebensbedingungen aufzusuchen. So charakteristisch die Bewegungslosigkeit der in den röstenden Faserstengeln vorhandenen Amylobacterformen ist, auch wenn sie von dort abgelöst und in Wasser aufgeschwemmt werden, so auffallend ist die lebhafteste Bewegung der in der Röstflüssigkeit beobachteten Formen. Ernährungsverhältnisse und die Entwicklung auf festem Substrat bedingen die Starre. Störmer und Behrens halten beide ihren gefundenen Rösterreger für peritrich begeißelt, sie schließen dies aus der Art der Bewegung. Die Zahl der in der Flüssigkeit auftretenden Formen ist sowohl im Vergleich zu den sie begleitenden übrigen Mikroorganismen als auch zu der großen Menge der sich im Rindengewebe anhäufenden Röstbakterien nur sehr gering. Außer durch ihre Beweglichkeit unterscheiden sie sich von

ihren Artgenossen in der Rinde insofern, als sie fast nur Stäbchenform zeigen und diese auch beibehalten, wenn sie schon fertige Sporen gebildet haben.

Ferner weisen sie durchweg einen bedeutend geringeren Gehalt an Glykogen auf oder lassen dieses ganz vermissen. Die Versorgung der spezifischen Rösterreger mit Pektinen ist offenbar bei ihrer Reservestoffspeicherung von großer Bedeutung. Die Gegenwart deutlicher Mengen Glykogen in den Zellen des *Bacillus amylobacter* deutet auf eine normale Entwicklung hin. Im Röstwasser können die Rösterreger kein Glykogen ansammeln, da sie zu wenig lösliche Pektinstoffe vorfinden, und die mächtige Nebenflora die leicht vergärbaren Zuckerarten und anderen Stoffe fast ausschließlich für sich beansprucht. Geringere Glykogenmengen werden schnell wieder veratmet. Vielleicht kommen auch noch andere Nährstoffe neben dem Pektin in Betracht. Stickstoffverbindungen scheinen weniger von Bedeutung zu sein, denn Bredemann findet stark mit Glykogen gefüllte Formen des *Bacillus amylobacter* in fast stickstofffreien Nährlösungen.

Um den Wert der Jodreaktion als Kontrolle der technischen Röste ermessen zu können, muß man wissen, ob noch ähnliche andere Organismen bei der Wasserröste auftauchen, durch deren Gegenwart ein Fehlschluß möglich wäre. Unter der schnell und stark sich entwickelnden Nebenflora der Röste, d. h. unter all den Kokken, Stäbchen Vibrionen, Spirillen, Hefen und hefeähnlichen Organismen, fallen die meisten Mikroben allein schon aus dem Grunde weg, weil sie ihrer äußeren Form nach nie mit den Rösterregern verwechselt werden können. Hefen und Oidien speichern Glykogen, aber dieses zeigt infolge seiner Reinheit mit verdünnten Jodlösungen eine lichte reinbraune Farbe und liegt in unregelmäßigen Massen in den Zellen. Den *Amylobacter*arten ähnliche glykogenhaltige Stäbchen sind in der Begleitflora nicht anzutreffen.

Im Röstwasser treten die Keime, aus denen die beweglichen Formen hervorgehen, sehr frühzeitig auf und zwar schon, bevor eine Trübung der goldgelben Flüssigkeit durch Bakterienentwicklung zu beobachten ist. Mikroskopisch

lassen sie sich zu dieser Zeit natürlich nicht nachweisen. Die Röstbakterien sitzen schon auf dem vom Felde kommenden Flachs oder Hanf, lösen sich nach Zutritt des Wassers ab und vermehren sich in ihm. Während der Röste dringen die Bakterien hauptsächlich durch das Rindenparenchym hindurch bis in die unmittelbare Umgebung der Bastfaser vor, wo für sie die besten Entwicklungsmöglichkeiten bestehen. Ob chemotaktische Reize, die vielleicht von in Lösung gehenden Pektinkörpern oder noch von anderen pflanzlichen Stoffen ausgehen, bei diesem eigenartigen und schnellen Vordringen wirksam sind, muß vorläufig noch dahingestellt bleiben. Es ist jedenfalls wunderbar, wie sich die Röstorganismen trotz ihrer verhältnismäßig geringen Anzahl auf dem in die Röste gebrachten Material innerhalb kurzer Zeit so außerordentlich gleichmäßig über den ganzen Stengel hin in dem Parenchym verbreiten können. Möglicherweise tragen die frühzeitig in der Röstflüssigkeit erscheinenden beweglichen Formen hierzu bei. Die über die ganze Oberfläche der Pflanzenstengel verbreiteten kleinen Spaltöffnungen, die Atemporen der Pflanze, können für sie ebenso Einfallstore sein wie die Spalten und Risse, die beim Aufquellen der Stengel entstehen. Dann würden die freigelegten Nährstoffe und Kolloide, auf denen sich anaerobe Bakterien mit besonderer Vorliebe festsetzen, weil sie ihr Wachstum lebhaft fördern, von günstigem Einfluß sein. Im Innern des Rindengewebes ist das dem Gasaustausch der lebenden Pflanze dienende Interzellularsystem ein geeigneter Weg für das schnelle Vordringen der Bakterien.

**Bacillus felsineus Carbone.** Außer den bis jetzt behandelten Pektinstoffzehrern der anaeroben Wasserröste, welche wir als Amylobakterien bezeichnet haben, ist in neuester Zeit noch ein anaerobes spezifisches Röstbakterium bekannt geworden, der von D. Carbone in Mailand entdeckte und im Jahre 1917 beschriebene *Bacillus felsineus*. Obwohl das von Carbone mit diesem Bacillus in Vorschlag gebrachte neuartige Röstverfahren industriell noch nicht ausgenutzt wird, können wir doch nicht ganz an diesem und der Beschreibung und Verwendung seines Bakteriums

vorübergehen, zumal da gewisse Vorteile mit dem Verfahren verknüpft sein sollen und seine Einführung in die Praxis aussichtsreich erscheint. Der *Bacillus felsineus* soll der wirksame Erreger der zahlreichen ländlichen Hanf- und Flachsrösten Italiens sein. Auch hier entwickeln sich die Keime gleichmäßig und parallel dem Fortschritt der Röste. Nach Carbones eigenen Angaben sind die vegetativen Stäbchen 3—5  $\mu$  lang und 0,3—0,4  $\mu$  dick. Im Verhältnis dazu sind die Sporen mit  $1,5 \times 2$ —3  $\mu$  recht groß.

In typischer Form wächst er in Symbiose mit einer *Saccharomyces*-Art unter hoher Flüssigkeitsschicht in flüssigem, mit Kalziumkarbonat versetztem Kartoffelnährboden (Fig. 23). Ähnlich ist sein Aussehen für gewöhnlich auf röstendem Flachs und Hanf. Zur Sporenbildung soll er in dem genannten Kartoffelnährboden nur schwer gelangen, dagegen regelmäßig in Kulturen auf Hanf und anderen Faserpflanzen. Bewegung ist bei den Stäbchen des *Bacillus felsineus* nicht zu beobachten.

Über seine physiologischen Eigenschaften ist bis jetzt nur wenig bekannt, da es selbst seinem Entdecker noch nicht gelungen ist, ihn rein zu züchten. Es kann daher auch nichts über sein Verhalten gegen Zellulose ausgesagt werden. Jedenfalls ist er ein sehr streng anaërobes Bacterium, das nur schwer nach Verdrängung des Sauerstoffes durch Wasserstoff und nach Absorption der letzten Spuren desselben durch Pyrogallol zum Wachstum zu bringen ist. Alle anderen in der Literatur mehrfach zu findenden Angaben beruhen auf einem Irrtum. So umständlich die Kultur des *Bacillus felsineus* rein durchführbar ist, so leicht fällt sie unter Mithilfe eines sehr sauerstoffbedürftigen Organismus. Das Zusammenleben mit *Saccharomyces ellipsoideus* erleichtert ihm das Fortkommen derartig, daß er jederzeit in einer sonst geeigneten Nährlösung und bei hoher Flüssigkeitsschicht ohne besondere Wegnahme des Sauerstoffes aufs beste gedeiht. Durch diese leichte Züchtung ist es der Technik an die Hand gegeben, sich ohne große Schwierigkeiten auch dieses Erregers zum Rösten zu bedienen.

Ein grundlegender Unterschied zwischen ihm und allen früher erwähnten Formen von Rösterregern soll darin bestehen, daß er auf keiner Entwicklungsstufe Iogen oder Glykogen in seinen Zellen birgt, sich also mit Jod nur hellgelb färbt. Die Körnchen der sporenlosen Stäbchen werden von einem anderen Reservestoff gebildet (Fig. 23). Durch das Fehlen der Jodreaktion bei *Bacillus felsineus* scheint seine Unterscheidung von den *Amylobacter*-formen sehr leicht möglich zu sein. Will man sich der Pektin zerstörenden Tätigkeit des *Bacillus* vergewissern, so sollte man seine zunehmende Entwicklung während der Röste durch mikroskopische Kontrollen nachprüfen. Die Entwicklung der *Amylobacter*-formen ist ungeachtet starker Impfung mit *Bacillus felsineus* nicht zurückzuhalten.

Trotz seiner schwer sichtbaren Stäbchen gegenüber den in Jodlösung intensiv gefärbten *Amylobacterien* ist wohl die Anwesenheit beider Röstorganismen nebeneinander erkennbar. Für die Praxis, die unter Umständen sich das Carbonesche Röstverfahren noch zunutze machen wird, ist es von Wichtigkeit, daß sowohl



Fig. 23.

*Bacillus felsineus* Carbone aus einer zur Impfung von Rösten dienenden Vorkultur in  $\text{CaCO}_3$ -halt. Kartoffelaufschwemmung. In Symbiose mit *Saccharomyces ellipsoideus*.

eine Vermischung der beiden Rösterreger, als auch der Rückschlag einer *Felsineus*-Röste in die gewöhnliche anaërobe Röste nachweisbar ist.

**Bacillus Comesii Rossi.** Schließlich muß noch eine Gruppe von Röstbakterien Erwähnung finden, die nur unter gänzlich veränderten Bedingungen ihre Rösteigenschaft beweist. Es sind dies die aëroben Pektinstoffzehrer, vor allem der *Bacillus Comesii* Rossi. Dieser hat schon viel von sich reden gemacht und sich als Erreger der Flachsröste in verschiedenen Ländern, wie Frankreich, England und neuerdings Jugoslawien einen Platz gesichert.

Der Stamm des *Bacillus Comesii*, der die Unterlage zu den hier gemachten Angaben bildet, ist aus einer Originalimpfflüssigkeit seines Entdeckers G. Rossi aus Portici in

Italien isoliert worden. Er ist ein leicht zur Sporenbildung übergehendes schmales Stäbchen, das auf Möhrensaftagar starke Unterschiede in Größe und kultureller Beziehung aufweist. Die in den allermeisten Fällen zutreffenden Maße sind: Stäbchen  $1,5-4,0 \times 0,6-1,3 \mu$ , Sporen  $0,5-1,3 \times 0,7-1,5 \mu$  (Fig. 24). Daneben kommen lange, fadenförmige Zellen vor, die meist keine Sporen führen und sich dadurch als abnorme Formen kennzeichnen. Gelatine verflüssigt er leicht und zeigt dann besonders lebhafte Bewegung.

Viel gleichmäßiger und kleiner ist die Gestalt des *Bacillus Comesii* auf röstendem Flachs oder Hanf. Zur Sporenbildung schwellen dieselben nicht oder fast unmerklich an. Die Sporenmutterzellen lösen sich schnell auf, sodaß man bei mikroskopischer Kontrolle meist nur vegetative Stäbchen



Fig. 24.  
*Bacillus Comesii* Rossi, ein  
aërober Rösterreger.

oder Sporen antrifft. Am leichtesten ist der *Bacillus Comesii* in Form von Sporangien auf Flachs in der Röste wiederzuerkennen, doch auch sporenfreie Stäbchen und Sporen sind auffindbar. Erschwerend wirkt dabei ihre Kleinheit und die Möglichkeit, daß ähnliche sporenfreie Stäbchen anderer Bakterienarten neben dem Rösterreger in dem Rindenparenchym auftreten. Die vorhandenen meist sehr

kleinen Sporen deuten auf *Bacillus Comesii* hin. Er unterscheidet sich von dem neben ihm auftretenden *Bacillus amylobacter* durch Form und Größe seiner Sporen und Stäbchen. Im Rindenparenchym und auf der Faser des röstenden Pflanzenstengels häuft er sich ebenso wie die anderen Rösterreger an. Ziemlich zahlreich entwickelt er sich auch in der Röstflüssigkeit, wo er anscheinend leichtere Ernährungsbedingungen neben der Begleitflora findet als die *Amylobacterien*. Er verhält sich danach in den Röstern als nicht so strenger Pektinstoffzehrer wie die übrigen spezifischen Rösterreger. Darauf deutet auch die häufiger eintretende mangelhafte Befreiung der Fasern von Parenchymresten hin. Die Häufigkeit des *Bacillus Comesii* in der Röstflüssigkeit ist abhängig auch von der Luftzufuhr, welche in der Röst-

masse Bewegung hervorruft. Röstkeime werden dabei dauernd vom Stengelmaterial in die Flüssigkeit abgeschwemmt.

Der *Bacillus Comesii* weist zu keiner Zeit Reservestoffe wie Glykogen oder Iogen auf, unterscheidet sich also auch darin deutlich von den *Amylobacter*-formen. Seine auffallendste Eigenschaft ist sein großes Verlangen nach Sauerstoff. Die Röste mit diesem obligat aëroben Bacterium ist in hohen Röstbehältern nur bei dauernder Zufuhr größerer Luftmengen möglich. Verhältnisse, die denen der gewöhnlichen anaëroben und der Felsineus-Röste ähneln, bedingen den völligen Untergang oder zum mindesten die Unterbrechung jeder Entwicklung von *Bacillus Comesii*. Er paßt sich keinesfalls langsam an ungünstigere Verhältnisse an im Gegensatz zu den anaëroben *Amylobacterien*, die sich, zumal wenn sie erst zur Entwicklung gelangt sind, selbst bei einer größeren Sauerstoffspannung in der Röste gut zu halten und fortzupflanzen vermögen. Sie finden sich daher auch in jeder Röste mit *Bacillus Comesii*.

Seine systematische Stellung ist noch unklar. Carbone, ein langjähriger Schüler Rossi's, glaubt ihn verwandt mit *Bacillus asterosporus* Migula. Andere halten ihn — vielleicht mit mehr Recht — für eine *Bacillus mesentericus*-Form. Von diesen beiden Arten ist es lange bekannt, daß sie die Röste von Gespinnstfasern schnell und gut zu bewirken vermögen. Vorbedingung ist immer die stete Gegenwart von Sauerstoff, die Rossi durch einen durch die gesamte Röstmasse geschickten Luftstrom zu erreichen sucht. Er verfügt übrigens noch über eine Reihe weiterer sauerstoffliebender, zum Teil ganz bekannter Organismen, mit denen er seine aërobe Röste ausführt. Sie sind alle in dem in Deutschland auf das Verfahren genommenen, jetzt aber gelöschten Patente angeführt worden.

Dem *Bacillus Comesii* ähnliche, obligat aërobe Bakterien wurden auch im Forschungsinstitut für Bastfasern in Sorau gezüchtet und mit ihnen Rösten unter Luftzufuhr, die ein gleich gutes Resultat erzielten, ausgeführt. Die genauere Beschreibung dieser Organismen steht noch aus,

weshalb ein Vergleich oder gar eine Zusammenfassung derselben, sei es mit dem Russischen Bacillus oder mit anderen bekannten Arten, hier nicht stattfinden kann. Von diesen Organismen sollen hier nur ihre Maße, für die Stäbchen  $0,4-0,9 \times 1,2-2,6 \mu$  und für die Sporen  $0,4-0,8 \times 0,9-1,2 \mu$ , angegeben werden. Ihre Formen sind also im allgemeinen schmäler und kleiner als die von Bacillus Comesii. Sie zeigen im übrigen dieselbe rasche Sporenbildung, dieselben stark variierenden kulturellen Eigenschaften und dasselbe Verhalten in der Röste. Die Jodreaktion fehlt gleichfalls.

**Rhizopus nigricans.** Unsere Kenntnisse über die Erreger der Landröste von Flachs und Hanf sind weit zurückgeblieben. Dies ist um so bedauerlicher, als man gerade jetzt wieder in erhöhtem Maße auf diese an Einfachheit und Sparsamkeit nicht zu übertreffende Art der Fasergewinnung zurückgreift. Da man die Tauröste in Deutschland bis in letzter Zeit weniger denn je betrieben hat, so mangelt es an den so wichtigen Erfahrungen. Die widersprechenden Ergebnisse und die nicht selten eintretenden großen Fehlschläge müssen uns dazu anspornen, diesem Verfahren wieder vermehrte Beachtung zu schenken.

Die jetzigen Kenntnisse über die Erreger der Landröste von Flachs oder Hanf verdanken wir fast ausschließlich J. Behrens. Andere Forscher, welche sich mit der Biologie der Röste beschäftigt haben, übergehen diesen Punkt mit einigen kurzen Bemerkungen. Die Ergebnisse der Arbeiten von Behrens sind bis jetzt nicht nachgeprüft und ergänzt worden. Die Ansichten über die Erreger der Landröste gehen noch auseinander, wie auch die Frage, ob Bakterien ihnen zuzurechnen sind, noch der Klärung bedarf.

Nach Behrens kommen als Röstorganismen nur Pilze aus der Klasse der Phykomyceten oder Algenpilze in Betracht, und zwar Vertreter der Gattungen Mucor und Rhizopus aus der Familie der Mucorinneeen. Der sehr verbreitete Rhizopus nigricans — anfänglich Mucor stolonifer genannt, da die Rhizopusarten aus systematischen Gründen erst später von den Mucorarten abgetrennt wurden — ist als Erreger der Tauröste bei nicht zu niedrigen Temperaturen hauptsächlich auf Hanf gefunden worden. Auf Flachs soll er auch vorkommen.

*Rhizopus nigricans* besitzt ein bräunliches Mycel, nur in der Jugend sind die Hyphen und Sporangien weiß. Auf festen Unterlagen, so auf feucht gehaltenen Flachs- und Hanfstengeln treibt er schnell wachsende freie Ausläufer, Stolonen. Wo sie mit dem Substrat in Berührung kommen, lassen sie wurzelähnliche Gebilde entstehen. Auf diese Weise vermag der Pilz selbst an glatten senkrechten Wänden wie Glas emporzuklettern (Figur 25). Er überzieht die Oberfläche mit einem zarten lockeren Gewebe, in dem die 0,5-4 mm hohen Sporangienträger mit schwarzen Köpfchen zur Reifezeit mit bloßem Auge sichtbar werden. Sie sind meist unverzweigt. Die faltige Oberfläche der Sporen ist neben der Zygosporenbildung das besondere Kennzeichen dieses Pilzes.

Die rasche Ausbreitung von *Rhizopus nigricans* mit Hilfe seiner Stolonen auf feuchtem Hanf und sein Röstvermögen veranschaulicht ein von Behrens angegebener Versuch.

Er impfte einen in einer Glasröhre sterilisierten, 30 cm langen Hanfstengelabschnitt an dem einen Ende mit dem Pilz und beobachtete sein Fortschreiten. Bereits am 12ten Tage hatte er sich dem anderen Ende bis auf 5 cm genähert, eine gute Leistung für einen so winzigen Organismus. Nicht so schnell ging das Vordringen des Pilzes innerhalb des Parenchym-



Fig. 25.

*Rhizopus nigricans* (*Mucor stolonifer*), Tauröstpilz. 1 In kleinen Büscheln zusammenstehende Sporangienträger mit großen schwarzen Köpfchen. 2 Wurzelartige Gebilde oder Haftorgane (Rhizoiden). 3 Ausläufer (Stolonen), mit deren Hilfe sich der Pilz schnell ausbreitet. 4 Spitze eines Sporangienträgers nach Ablösung der Sporangienwand und Versprengung der Sporen. 5 Einzelne Sporen, stark vergrößert. z Nach Lafar.

gewebes vor sich, das von ihm nach allen Richtungen hindurchzogen wird. Das Durchwachsen der Hanfrinde mit Pilzmycel ist dem Rösten gleichzusetzen. Man muß bedenken, daß in diesem Fall der Vorgang nur von einer einzelnen kleinen Impfstelle ausgegangen ist, während unter natürlichen Verhältnissen zahlreiche Keime auf den Stengeln zur Entwicklung kommen. Bemerkenswert ist, daß *Rhizopus nigricans* im Gegensatz zu den meisten sonst auf den Faserstengeln anwesenden Pilzen die Fähigkeit, Zellulose zu zerstören, nicht besitzt. Er wird hierdurch zu einem besonders geeigneten spezifischen Taurösterreger. Glukose ist für ihn eine gute Kohlenstoffquelle.

**Mucor hiemalis Wehmer.** Während *Rhizopus nigricans* zur Entfaltung kräftiger Rösttätigkeit höhere Temperaturen verlangt und sein Wachstum bei 10° C schon fast einstellt, weshalb er von anderen schneller wachsenden Arten unterdrückt wird, kommt für die Winterlandröste, wie Behrens gleichfalls gefunden hat, *Mucor hiemalis*, genauer beschrieben von Wehmer, als wirksamster Rösterreger in Frage. Er gedeiht selbst noch bei 2–5° C und vollzieht die Röste, wenn auch langsamer als bei höheren Temperaturen. Unter solchen Bedingungen kommt *Rhizopus nigricans* neben ihm nicht zur Entwicklung. Sein Temperaturoptimum liegt jedoch etwas unter 30° C, also verhältnismäßig hoch. Die grauen bis bräunlichen Sporangien sitzen auf 1–2 cm langen, seltener verzweigten Sporangienträgern. Die Sporen sind lang ellipsoidisch, etwas gebogen und glattwandig. Zygosporien sind nicht beobachtet worden. Gegenüber Zellulose ist er ebenso indifferent wie sein Vorgänger, nimmt aber Glukose und Stärke gerne als Nährstoffe an. Auf kleinen Stückchen reinen Pektins und unter Hinzufügen der anderen Nährstoffe gedeiht er üppig und durchwuchert sie außerordentlich dicht mit seinen Hyphen genau wie *Rhizopus nigricans*.

**Cladosporium herbarum Link.** Über das als Schwärzepilz bekannte *Cladosporium herbarum* Link als Röstorganismus auf Flachs und Hanf bestehen noch Unklarheiten.

Es scheint bei keiner Landröste zu fehlen. Behrens betrachtet diesen Pilz nicht als eigentlichen Röstorganismus, denn in seinen Versuchen zeigte er nur geringe röstende Wirkung. Beobachtungen und Untersuchungen weisen aber darauf hin, daß *Cladosporium* einen großen Anteil an der Tauröste besitzt. Sie lehren, daß er nicht nur in Reinkultur Flachs und Hanf vorzüglich zu rösten vermag, sondern neben *Rhizopus nigricans* und anderen Pilzen so kräftig zur Entwicklung kommt, daß diese in kurzer Zeit völlig überwuchert werden.

*Cladosporium herbarum* gehört nicht wie die beiden vorher besprochenen Taurösterreger zu den Phycomyceten, sondern infolge seiner starken Gliederung zu den Eumyceten oder Fadenpilzen (Fig. 26). Unter diesen rechnet man *Cladosporium* zu den Ascomyceten, den wegen ihres charakteristischen keulenförmigen Sporenschlauches, des Ascus, so benannten Schlauchpilzen. Auf Flachs und Hanf fehlt aber die Hauptfruchtform, welche zur Bildung der mit diesen Asci gefüllten Fruchtkörpern führt. Der Zusammenhang zwischen der Hauptfruchtform, *Mycosphaerella Tulasnei*, und dem *Cladosporium herbarum* wurde erst spät aufgedeckt und wird auch heute noch bestritten. *Cladosporium* gedeiht ohne Wahl auf den verschiedensten Substraten und ist wegen der Veränderlichkeit seiner Gestalt bekannt. Auf ungleiche Ernährungsweise und andere äußere Einflüsse reagiert es durch Ausbildung verschiedener Formen. Ältere Forscher haben den Pilz daher noch mit anderen Namen belegt.

*Cladosporium herbarum* stellt nur die Konidienfruktifikation oder Nebenfruchtform dar, bei welcher die Sporen oder Konidien durch einfache Abschnürung entstehen. Das Mycel hat eine grauschwärzliche bis graubraune Farbe und verzweigt sich stark. Die Größe und Gestalt der Konidien wechselt ebenso sehr wie die der Mycelfäden. Die dunkelwandigen, ganz rauen, bisweilen auch glatten Sporen sind ein- oder mehrzellig. Die Hyphen zerfallen in kurze, dicke oder gestreckte, schmale Zellglieder und führen kleinere und größere auffallende Öltröpfchen. Auch Gemmen, durch Zerfall von Hyphenteilen entstandene Dauerzellen, die sich durch eine dickere Membran und dunklere Färbung vom

übrigen Mycel unterscheiden, beobachtet man. Da *Cladosporium* selbst auf so mageren Unterlagen wie Kork sein gutes Fortkommen findet, ist es verständlich, daß es Glukose, Stärke und Pektinstoffe der Flachs- und Hanfrinde als Nährstoffe nicht verschmäht. Sein omnivorer Charakter kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß es Zellulose



Fig.26.

*Cladosporium herbarum* (Tauröstpilz). 1 Auf der Faser des Schwungflachses. 2 Typisches Mycel mit kurzgliedrigen Hyphen und zahlreichen kleineren und größeren Öltröpfchen. 3 Mycel mit schmalen, langen Zellgliedern. 4 Direkt am Mycel entstehende Sporen, stark vergrößert.

zersetzt, was in Anbetracht seines häufigen Vorkommens auf den in der Tauröste liegenden Flachs- und Hanfstengeln eine Gefahr werden kann. Ob aber das *Cladosporium* auf Grund dieser Eigenschaften die Ursache der unter gewissen Verhältnissen so leicht und schnell eintretenden Überröste ist, kann damit

noch nicht behauptet werden. Der Pilz röstet auch noch bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen recht kräftig.

Daß auch der von der gewöhnlichen Wasserröste her bekannte anaërobe *Bacillus amylobacter* als Erreger der Tauröste genannt worden ist, soll hier nur erwähnt werden.

## Röstmethoden.

Es gibt verschiedene Methoden zur Gewinnung der von der Textilindustrie begehrten, in Pflanzenstengeln verlaufenden Gespinnstfasern. Ein Weg ist der, die Fasern rein mechanisch entweder mit der Hand oder mit Hilfe von Maschinen aus ihrem Gewebeverbande zu befreien. Für gewisse ausländische Faserpflanzen sind solche Verfahren auch jetzt noch in Gebrauch. Doch können auf diese Weise nur derbere Fasern gewonnen werden. Die bis in die Neuzeit sich erstreckenden Versuche, edlere Flachsfasern auf mechanischem Wege zu gewinnen, sind, obwohl sie auf mehr denn 100 Jahre schon zurückblicken können, noch nicht von Erfolg begleitet gewesen und werden es auch kaum, wenigstens solange man Wert auf eine schöne unverletzte Faser legt. Viel mehr Rücksicht auf diesen Punkt nehmen schon die physikalischen und chemischen Verfahren der Fasergewinnung. Mit ihnen erzielt man wohl eine Lockerung der Faser in den betreffenden Pflanzenteilen, ohne daß allerdings ihrer Reinheit und Feinheit die Beachtung geschenkt wird, welche den Wünschen der Textilindustrie in befriedigendem Maße entspricht. Trotz vieler Versuche mit solchen Methoden — wir denken an das seinerzeit mit den größten Hoffnungen aufgenommene Baurische Verfahren — steht man auch heute noch im Versuchsstadium. Die steigenden Ansprüche an Feinheit und Festigkeit der Ware verlangen eine verhältnismäßig zarte unangegriffene Flachsfaser, wie sie durch chemische oder physikalische, auf die Pflanzenstoffe ganz allgemein einwirkende Prozesse kaum zu erzielen ist. Eine sich bloß auf die Pektinsubstanzen erstreckende chemische Reaktion gibt es nicht.

In dieser Beziehung arbeiten die biologischen Verfahren viel feiner. Die Rösterreger scheiden gewisse Stoffe,

Enzyme, ab, die nur auf Pektinstoffe einwirken. Die Herstellung solcher spezifisch reagierender organischer Körper steht nicht im Bereiche der Chemie, sondern ist der außerordentlich viel besser arbeitenden lebenden Zelle allein vorbehalten. Die Schwierigkeit bei den biologischen Rösten liegt dafür in anderer Richtung. Jeder Praktiker aus der Röstindustrie weiß, daß man sich vor dem Übrösten des Faserstengelmateriales zu hüten hat, das bedeutet, übertragen auf wissenschaftliches Gebiet, man muß eine zu lange fortgesetzte Wirkung der spezifisch wirkenden, Pektinstoff zersetzenden Enzyme verhindern. Diese Gefahr läßt sich unter normalen Bedingungen in einem geordneten Betriebe sicherlich verringern. Der Prozeß ist bei günstigen Verhältnissen der Anlagen ohne große Unkosten und besondere Schwierigkeiten zu lenken und zu beeinflussen. Die der Röste gewidmete Sorgfalt wird sich in vielfacher Weise lohnen. Nur wenn der Röster die Ursache und Wirkung zu erkennen vermag, wird er dahin kommen, selbständig seinen Betrieb vor Fehlschlägen zu bewahren und ihn zu verbessern.

### Wasserrösten.

Unsere gesamten Röstverfahren von Faserstengeln kann man in Wasser- und Landrösten unterscheiden je nachdem, welche Mengen Wasser oder Feuchtigkeit beteiligt sind. Man stellt die durch Ausbreiten des Flachses auf Landflächen unter dem Einfluß von Tau, Regen oder Schnee vor sich gehenden Verfahren denen gegenüber, bei welchen das Pflanzenmaterial vollständig in Wasser getaucht wird. Bei dieser Einteilung lassen sich indes Methoden, wie sie von Reiche und Krais vorgeschlagen werden, nicht gut einfügen. Ersterer läßt das Rösten in einem mit warmem Wasserdampf geschwängerten geschlossenen Raum vor sich gehen, der andere erreicht dasselbe durch Anfeuchten und Aufquellen der Pflanzenmasse in dunklen Kammern. Es sind hier die günstigen Verhältnisse der Tauröste bis zum äußersten getrieben. Der Gegensatz zur Wasserröste liegt hauptsächlich darin, daß die gesamte Röstmasse dauernd von Luft umgeben bleibt. Man kann also hier von Luftfrösten

sprechen, während die aërobe Röste bei welcher nur ein Luftstrom durch die Röstflüssigkeit geschickt wird, als Wasser-röste bezeichnet werden muß. Der Unterschied zwischen beiden Röstarten geht am deutlichsten durch die an der Loslösung der Faser beteiligten Mikroorganismen hervor. Bakterien sind vorwiegend angepaßt an ein Leben im Wasser oder wenigstens auf sehr wasserreichen Nährstoffen. Dies prägt sich auch deutlich in dem großen Wassergehalt der Bakterienzellen aus, der sich zwischen 75—85% bewegt. Pilze dagegen werden dort besonders üppig gedeihen, wo der Wassergehalt geringer und die Fortkommensmöglichkeit an der Luft größer wird. Es versteht sich von selbst, daß bei sämtlichen Wasserrösten als Erreger der Pektingärung nur Bakterien und bei den Landrösten Pilze zu erwarten sind.

#### Anaërobe Rösten.

Durch das völlige Bedecken des zu röstenden Pflanzenmaterials mit Wasser in mehr oder minder hoher Schicht werden Verhältnisse geschaffen, unter denen sich anaërobe Bakterien reichlich entwickeln. Obwohl die Reinzucht derartiger Bakterien gezeigt hat, daß sie sehr empfindlich gegen Sauerstoff sind, tritt diese Eigenschaft gerade bei den für das Rösten wichtig werdenden Anaëroben in den Hintergrund. Schon die Röste in fließendem Wasser, welches bedeutend mehr Sauerstoff gelöst enthält als stehendes und denselben durch seinen Wechsel immer von neuem an die Faserstengel, den Sitz der anaëroben Organismen, heranbringt, beweist dies. Noch augenfälliger erscheint diese Tatsache bei dem Verfahren von Feuillette, nach welchem die Röstkästen siebenmal während der Röste langsam aus dem Wasser herausgehoben, umgedreht und wieder eingetaucht werden. Ferner finden Beijerinck und A. Herzog eine günstige Wirkung auf den Verlauf der Röste durch beschränkte zeitweilige Luftzufuhr. Aber trotzdem herrschen bei all diesen Methoden im großen ganzen anaërobe Verhältnisse, welche die sauerstoffscheuen Rösterreger in ihrem Wachstum fördern. Eine Unterscheidung

zwischen anaëroben und aëroben Verfahren kann nicht schwer fallen, auch wenn man bei der Beurteilung aus Mangel an den dazu nötigen Instrumenten die An- oder Abwesenheit bestimmter Mikroorganismen nicht berücksichtigen kann. Man muß nur im Auge behalten, daß eine kurze Belüftung des Stengelmateriales oder eine dauernde geringe Zufuhr von Luft auf keinen Fall die obligat aëroben Bakterien einer aëroben Wasserröste zum Gedeihen bringen kann, da sie darauf angewiesen sind, ohne Unterbrechung reichlich mit Sauerstoff versorgt zu werden. Die unter den gegebenen Bedingungen zur Verfügung stehenden Mengen werden ihnen aber durch eine Schar anderer in gleicher Weise interessierter Mikroben streitig gemacht.

**Warmwasserbassinröste.** Unter all den Verfahren, welche auf die Bezeichnung Warmwasserröste Anspruch erheben, kann die Bassinröste als vorbildlich angesehen werden. An ihr lassen sich auch die physikalischen und biologischen Vorgänge einer Röste am besten erklären. Es ist einleuchtend, daß die in einen Bottich von nicht zu großen Abmessungen verlaufende Röste gegenüber allen anderen fabrikmäßigen Anlagen große Vorzüge besitzt, denn Impfungen mit Bakterienkulturen, Temperaturveränderungen, sowie Durchlüftung, Wassererneuerung und Zusätze aller Art lassen sich hier leicht vornehmen. Jedes Bassin wird sich ohne große Schwierigkeit auf eine Röste beliebiger Art umstellen lassen. Es wird sogar grundsätzlich nichts dagegen einzuwenden sein, wenn hintereinander in ihren biologischen Prozessen in stärkstem Gegensatz stehende Röstverfahren in demselben Bassin zur Anwendung kommen. Eine anaërobe Warmwasserbassinröste mit Bakterienimpfung oder einem chemischen Zusatz wird kaum eine nachfolgende Röste mit Durchlüftung beeinträchtigen. Sehen wir also einer auf wissenschaftlicher Grundlage ruhenden Entwicklung unserer Röstindustrie entgegen — und nach gewissen Anzeichen darf man das annehmen —, so gehört der Warmwasserbassinröste zweifellos die Zukunft.

Die anaërobe Warmwasserbassinröste ist als

künstliche zu bezeichnen, da die Aufschließung der Faserpflanzen in hierfür besonders hergestellten tiefen Zementbassins unter Hochhalten der Temperatur vorgenommen wird. Die Einrichtung dieser Behälter muß als bekannt vorausgesetzt werden. Man kann mit voller Berechtigung von künstlichen Verfahren im Gegensatz zu natürlichen sprechen, da der Mensch den Röstprozeß, obwohl er auch unter natürlichen Bedingungen stattfindet, doch durch irgendwelche Mittel zu leiten sucht. Man muß nur zwischen biologischen Rösten und chemischen „Aufschließungsverfahren“ streng unterscheiden.

Physikalische Phase. Es lassen sich bei der Wasserröste leicht verschiedene Phasen beobachten. Die erste ist das Auslaugen der Pflanzenmasse, das unmittelbar nach dem Zulassen des Wassers einsetzt und für die nachfolgende Röste von Wichtigkeit ist. Heute widmet man der Auslaugung ganz besondere Aufmerksamkeit, da sie einschneidende Veränderungen in der Dauer und dem Verlauf der Röste bewirken kann, wie durch lange praktische Erfahrungen und von bekannten Wissenschaftlern bereits vor vielen Jahren festgestellt wurde. Trotzdem fehlen in der Literatur noch Mitteilungen über die Menge und Art der Stoffe und die Zeit, innerhalb welcher sie ausgelaugt werden. Auch ist dabei die sehr verschiedene Beschaffenheit des Stengelmateri als zu berücksichtigen.

Die bei 29° C und einem Flottenverhältnis 1:18 in 12 Stunden aus einem dünnstengeligen, gelben Qualitätsflachs ausgelaugten Stoffe betragen 12,3 %, einen großen Teil des Rohmaterials im Vergleich zu den aus derselben Menge gewonnenen 17,0 % Schwungflachs und 10,1 % Hechelflachs. Bereits in der ersten Stunde ergab sich ein Verlust von 9,3 % und nach zwei Stunden von 11,0 %. Auf die folgenden 10 Stunden entfiel also der geringe Anteil von 1,3 %, und zwar war während der letzten drei Stunden nur noch eine kaum nennenswerte Veränderung im Gewichtsverlust des ausgelaugten Flachses feststellbar.

Gärung setzt während dieser Zeit in der Flüssigkeit, die noch klar und goldgelb bei durchfallendem Licht aussieht, nicht ein. Von

einem eigentlichen Röstverlust kann man noch nicht sprechen. Das Eindringen der Röstbakterien in das Innere des Stengels und die dort einsetzende Vermehrung unter Zerstörung der nicht löslichen Stoffe geschieht erst in einem viel späteren Stadium der Röste. Es muß zugegeben werden, daß sich schon bei dieser Auslaugung Keime des Röstbakteriums und anderer Organismen in dem mit Nährstoffen angereicherten Wasser finden, doch ist dies vereinzelte Vorkommen belanglos. Man braucht sich bloß die Kleinheit einer Bakterienzelle klarzumachen, um einzusehen, welch ungeheure Mengen von Mikroorganismen dazu gehören, merkliche Veränderungen an den Faserstengeln oder bei den in Lösung gegangenen Substanzen herbeizuführen. Die Beseitigung der ausgelaugten Stoffe, welche eine wichtige Rolle bei der Röste spielt, ist durch einfache Wassererneuerung zu erreichen. Von ihrem Einfluß auf die nacheinander und nebeneinander aufkommenden Organismengruppen, die teils gefördert, teils gehemmt werden, und ihrer Bedeutung für das Röstprodukt sei später die Rede.

Bis jetzt wurde nur die Menge der in Lösung gehenden Stoffe beim Einlegen des Strohlachses in Wasser erwähnt. Ebenso maßgebend ist aber ihre Beschaffenheit, der Anteil der verschiedenen in der Pflanze vorliegenden Stoffe an der Gesamtmenge der in das Wasser austretenden Substanzen, sowie ihre Reihenfolge. Hierüber ist nur ganz Allgemeines bekannt. Glukose, auch geringe Mengen anderer Zuckerarten, Gerbstoffe, etwas Glukoside, kleine Quantitäten Eiweißstoffe und deren Bausteine, einige Mineralstoffe in anorganischer Form und wahrscheinlich geringe Mengen Pektine sind die chemischen Stoffe, welche uns in der Auslaugeflüssigkeit entgentreten. Sie stellen in ihrer Gesamtheit, der Menge wie der Zusammensetzung nach, eine ausreichende Nährstoffquelle für Bakterien dar. Aus dem vorerwähnten Versuch errechnet sich nach Abzug des vom Flachs aufgesogenen Wassers eine 0,85 %ige Lösung, deren Konzentration für schnelles Anwachsen der Mikroorganismen besonders günstig ist. In höherprozentigen Lösungen wird Wachstum und Vermehrung der Bakterien gehemmt. Das

wäre für einen schnellen Ablauf der Röste wenig wünschenswert, ganz abgesehen davon, daß erst bestimmte Stoffe der Auslaugeflüssigkeit von der Vorflora beseitigt sein müssen, bevor die Rösterreger auftreten können.

Unter den anorganischen Bestandteilen wird es am ersten an Phosphor mangeln, doch können die Bakterien ihren Verbrauch darin sehr einschränken. Andere Mineralstoffbestandteile kommen schon fast in genügender Menge mit dem gewöhnlichen Leitungs- oder Flußwasser in die Lösung, so vor allem Kalium, Eisen, Kalzium und manchmal Schwefel in Form mineralischer Salze. Ihr Stickstoffbedarf ist ebenfalls genügend gedeckt durch die aus den Pflanzen extrahierten Stoffe. Als Hauptenergiequelle für Bakterien sind aber die Kohlenstoffverbindungen anzusehen, die auch den bei weitem größten Anteil der aus der Pflanze in Lösung gehenden Stoffe ausmachen. Hier sind besonders die Zuckerarten zu nennen, unter denen in der Auslaugeflüssigkeit des Flachses ganz vorwiegend Glukose vertreten ist. Sie ist leicht löslich und tritt durch die pflanzliche Membran in die umgebende Flüssigkeit aus. Von der Diosmierbarkeit der in den Pflanzenzellen gelösten Körper hängt die Auslaugung der Faserpflanzen zum großen Teil ab, verliert aber andererseits an Wichtigkeit, wenn die Pflanzenzelle, d. h. das Zellplasma, abstirbt. Eng an die Zellwand angelehnt stellt es einen lebenden Zellschlauch dar, der in feiner Weise das Aus- und Eintreten von all den Stoffen, die mit dem Stoffwechsel der Zelle in Zusammenhang stehen, reguliert. Diese Plasmahülle bildet ein sogenanntes osmotisches System, das zerstört wird, wenn beim Reifen der Pflanze oder durch Gifte das Hautplasma zu Grunde geht. Alsdann treten alle Stoffe ungehinderter aus der Zelle aus und daneben auch solche Körper, die sonst nicht diosmieren würden.

Vorgänge dieser Art spielen mit, wenn grüner Flachs zur Röste kommt, der geringeren Auslaugeverlust zeigt und langsamer röstet. Die noch nicht abgestorbenen lebenskräftigeren Zellen gehen erst allmählich im Vorstadium der Röste zugrunde und setzen auch später noch den Angriffen der röstenden Bakterien stärkeren Widerstand entgegen. Das langsame

Rösten infolge Nichtausreifens der pflanzlichen Gewebe hängt auch mit der Form der Pektinstoffe zusammen, die noch nicht so weit umgewandelt sind wie die in den reiferen Geweben. In letzteren ist die Wirksamkeit der Röstbakterien am ersten und schnellsten zu beobachten. Die Diosmierbarkeit der Stoffe nimmt im allgemeinen ab mit der Größe des chemischen Moleküls. Eiweißkörper, Stärke und andere nehmen im Wasser einen Zustand an, in dem sie sich nicht völlig bis zu ihrem Molekül auflösen, während anorganische Substanzen, Zuckerarten, besonders die einfachen, Aminosäuren und vielleicht gewisse Gerbstoffe vorzüglich in dem ersten Laugenwasser auftreten. Hiernach werden erst die leichtlöslichen Eiweißstoffe sowie deren hochmolekularen Spaltungsprodukte und andere Gerbstoffe an die Reihe kommen.

Über acht Stunden hinaus erscheinen unter Erneuerung des Wassers keine reduzierenden Stoffe mehr in der Flüssigkeit. Zu ihnen gehören Glukose, Glukoside und ein großer Teil von Gerbstoffen. Die Glukoside nehmen einen sehr geringen Anteil an der Menge der reduzierenden Stoffe, sofern man nicht die glykosidischen Gerbstoffe zu ihnen rechnet. Die bei dem Auslaugen langsam zunehmende Menge der mit Eisenchlorid fällbaren Substanzen beweist die etwas geringere Löslichkeit und Diosmierbarkeit der Gerbstoffe im Verhältnis zur einfacher aufgebauten Glukose. Obwohl die Gerbstoffe von den biologischen Vorgängen der Röste nicht ganz unberührt gelassen werden, wie das bald eintretende Verschwinden ihrer reduzierenden Eigenschaft zeigt, so unterliegen sie doch keineswegs einer tiefer greifenden Zerlegung.

Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe ist noch wenig bekannt, doch weiß man, daß sie z. T. einen Zucker, vielleicht Glukose, gebunden enthalten. Das Tanin, der Gerbstoff der Galläpfel, soll das Glykosid der Gallussäure darstellen. Dieses und noch mehr die übrigen im Pflanzenreich verbreiteten Gerbstoffe werden von Mikroorganismen und von atmosphärischen Kräften nur sehr schwer angegriffen. Fälle, nach denen Bakterien sich an ihrer Zersetzung beteiligen, sind

noch kaum bekannt. Im allgemeinen hemmen sogar die Gerbstoffe, die bei manchen Gärungen eine Rolle spielen, die Entwicklung der Organismen. Als Gerbstoffzer-setzer hat man bis jetzt nur Sproßpilze und andere, höhere Pilze gefunden. Eine Anhäufung der Gerbstoffe im Auslaugewasser der Röste oder der Röstflüssigkeit, die eine merkliche Hemmung der Gärungen zur Folge haben würde, ist für gewöhnlich wohl nicht zu erwarten.

Unser Auslaageversuch, der nach 12 Stunden erst eine 0,85 %ige Lösung ergab, beweist, daß bei der Warmwasser-röste, die jedesmal unter Erneuerung des Wassers angesetzt wird, auch in dem späteren Stadium keine merkliche Schädigung durch Gerbstoffe zu erwarten ist, selbst wenn ihre Zersetzung nicht möglich wäre. Das Lösen der Gerbstoffe aus dem Innern der Faserstengel durch das umgebende Wasser ist natürlich dringend erwünscht, da sie sonst dort bei ihrer verhältnismäßig großen Menge die Bakterienentwicklung stören würden. Ein grüner Flachsstengel, dessen lebendes Gewebe der Diosmose der in den Zellen aufgespeicherten Stoffe Widerstand leistet, wird zweifellos aus diesem Grunde schlechter rösten als ein gelber, ausgereifter Stengel. Das Pflanzengewebe muß erst absterben, ehe sich die weiteren für die Röste wichtigen Vorgänge vollziehen. Die Tauröste, bei der in den meisten Fällen infolge zu geringer Niederschläge die Gerbstoffe nicht extrahiert werden, weist als Rösterreger Schimmelpilze auf, die sich Gerbstoffe sogar vollständig als Nahrung dienen lassen können.

Die erste Phase der Röste, in der noch keinerlei Organismenwirkungen zu berücksichtigen sind, ist als rein physikalische der folgenden biologischen gegenüber zu stellen. Zu ihr gehört auch das erste Auftreten von Gasblasen in der Flüssigkeit, das nicht, wie man vermuten könnte, auf biologischen Vorgängen beruht, obwohl sich das Aufsteigen der Blasen erst nach und nach einstellt, als wenn man es mit dem Beginn einer Gärung zu tun hätte. Ein genaueres Hinsehen lehrt, daß die Blasen größer sind als diejenigen der später einsetzenden

Gärung, daß sie leichter an der Oberfläche zerplatzen und sich schwerer von den Stengelstellen, an denen sie gebildet werden, loslösen. Die Pflanzenmasse hat zu dieser Zeit einen mehr oder minder großen Auftrieb, ein Zeichen, daß die Luft noch nicht vollständig aus den Stengeln vertrieben und die Quellung, d. h. das Aufsaugen von Wasser durch die quellbaren Stoffe im Inneren des Pflanzenkörpers, noch nicht beendet ist.

Der Halm einer mäßig guten Flachssorte besteht im Mittel zu 15,8 Vol. % aus fester Zellsubstanz und zu 84,2 Vol. % aus leeren Zellporen und Stengelhohlraum, das würde rund 66,5 l Luft auf einen Doppelzentner Flachs bedeuten. Ob wirklich alle diese Stengelteile mit Luft, d. h. Stickstoff und Sauerstoff im Verhältnis der Atmosphäre, gefüllt sind, bedarf noch der Nachprüfung. Ein Teil der im Stengelinnern eingeschlossenen Luft tritt in Form von Blasen, durch den Wasserdruck ausgetrieben, nach außen, hängt eine Zeitlang an der Stengeloberfläche fest, vergrößert sich dort und sucht dann allmählich seinen Weg durch das Gewirr der Flachshalme zur Oberfläche. Obwohl Entweichen von Luft und eigentliche Gärung deutlich aufeinander folgende Prozesse sind, können sich die Grenzen durch Temperatureinflüsse, Impfungen u. dergl. verwischen, sodaß die Gärung einsetzt, bevor die Luft völlig vertrieben ist.

In enger Beziehung zur Verdrängung der Luft aus den Stengeln steht die Quellung der pflanzlichen Membranen. Diese verdient besondere Beachtung, weil sie die Pektinstoffe, auf deren Lösung und Zersetzung durch Mikroorganismen es bei der Röste ankommt, betrifft. Die nicht auslaugbaren Stoffe des Flachsstengels sind kolloidale Körper, die Wasser mit großer Begier an sich reißen und festhalten, ohne ihren stofflichen Charakter zu verlieren. Sie quellen bei der Wasseraufnahme, behalten aber entweder ihren äußeren Zusammenhang und bilden dann Gallerten und Schleim, oder sie treten in Form kolloidaler Lösungen auf, die sich nur scheinbar mit dem unbewaffneten Auge als Lösung darstellen, während sie tatsächlich aus kleinsten, im Lösungsmittel suspendierten Stoffteilchen, Molekülgruppen, bestehen. Die zweifellos wichtigste

mechanische Wirkung der Kolloide ist ihre Adsorption, d. h. die ihnen auf Grund ihrer großen Oberflächenausdehnung zukommende Fähigkeit, Stoffe in größerer Konzentration aus der sie umgebenden Flüssigkeit anzuziehen und zu binden, als ihrem Lösungsverhältnis entspricht. Es ist verständlich, daß kolloidale Stoffe vermöge ihrer Adsorptionsfähigkeit chemische Vorgänge beeinflussen.

Auch die Tätigkeit der Enzyme dürfte auf Grund dieser Betrachtungen eine Deutung erfahren. Enzyme, die in der lebenden Zelle des wachsenden Pflanzenkörpers eine auf- und abbauende Tätigkeit an den Tag legen, sind ebenso wichtig wie die von Bakterien abgeschiedenen und auf leblose Substanz einwirkenden. Schon seit längerem ist die hohe Bedeutung der kolloidalen Stoffe für das Wachstum, die Vermehrung und die gesamten Lebensäußerungen der Bakterien bekannt.

In jüngster Zeit sind Untersuchungen über die Beziehung des uns hier ganz besonders beschäftigenden *Bacillus amylobacter* zu den Kolloiden angestellt worden. Die Keimungsgeschwindigkeit der Sporen des Röstbacillus wurde in künstlichen Kulturen unter Beigabe verschiedener kolloidaler Stoffe von 51 Tagen auf 5 und sogar auf 3 Tage abgekürzt. Die verwendeten Stoffe waren ihrer Natur nach ganz ungleich und hatten nur ihre strukturelle Eigenart gemeinsam. Die sich bei dauerndem Fortzüchten von Kulturen im Laboratorium einstellenden Degenerationerscheinungen, die mangelnde Fähigkeit der Sporenkeimung, der Verlust von Stickstoffbindung aus der Luft sollen auf das Fehlen von Kolloiden in richtiger Form zurückzuführen sein. Ebenso werden zweifellos die ganzen Erscheinungen der Variabilität des *Bacillus amylobacter*, der Schwächung und des Verlustes des Enzyms und anderer für uns in Betracht kommenden Eigenschaften hier angeführt werden müssen. Auf Grund jener Versuche mit *Bacillus amylobacter* ergab sich, daß ganz allgemein das Optimum der bakteriellen Umsetzungen an das Vorhandensein kolloidaler Stoffe nicht spezifischer Art gebunden ist. Die Pektinstoffe müssen, da sie beim Einlegen des trockenen Strohflachses in Wasser in den kolloidalen Zustand übergehen, von besonderem Einfluß auf

die Bakterienentwicklung sein. Der Grad der Quellung der Pektinstoffe in den Mittellamellen und in den verschiedenen Geweben ist ausschlaggebend für ihre Zersetzbarkeit und das Wirken der Mikroben. Die Kolloideigenschaft der Pektinstoffe und ihre Fähigkeit, den Bakterien als gute Nährstoffe zu dienen, muß als vorteilhaft für die Pektingärung angesehen werden.

Grad und Geschwindigkeit der Quellung von Körpern, die aus kolloidalen Stoffen zusammengesetzt sind, hängen in hohem Maße von der Temperatur ab. Sowohl das Auslaugen der wasserlöslichen pflanzlichen Bestandteile wie die Verdrängung der Luft aus dem Stengelinnern, welche mit der Wasseraufnahme durch die Kolloidstoffe und dem Quellen des ganzen Stengels eng zusammenhängt, wird durch jede Temperaturerhöhung beschleunigt. Das bedeutet für die Warmwasserbassinröste, daß die erste Phase, welche noch nichts mit den eigentlichen Röstvorgängen zu tun hat, abgekürzt werden kann. Im Grunde brauchte man sich bei der Wahl der Temperaturhöhe in der ersten Phase keine Beschränkung aufzuerlegen, wenn nicht durch Temperaturen über 40°C schon viele der für den Röstvorgang indirekt oder direkt wichtigen Keime zu leiden anfangen oder zugrunde gingen. Empfindlichere Mikroben sind bereits bei Temperaturen unter 40°C nicht existenzfähig oder werden innerhalb kurzer Zeit stark geschwächt. Dabei ist die Zeitdauer, welche die Temperatur das für die Röste günstige Maß überschritten hat, auch zu berücksichtigen.

Diese Nachteile durch Anwendung anfänglich höherer Temperaturen lassen sich durch Impfung der gesamten Röstmasse mit einer nicht zu kleinen Menge auseinander in Gärung begriffenen Röste wieder aufheben. Vorbedingung ist nur, daß die Impfflüssigkeit nach Ablassen der ersten Lauge dem Röstwasser gut untermischt wird. Die Keime verteilen sich zwar auch von selbst in der Flüssigkeit und der Röstmasse, aber die Vermehrung derselben und ihr Einfluß auf das eingebrachte Röstgut soll sofort gleichmäßig an allen Stellen

vor sich gehen. Durch diese Behandlung würde die Röste in all ihren Phasen wesentlich gefördert werden, da infolge stärkerer Quellung der Pflanzestengel im allgemeinen besser aufgeschlossen ist und das Vordringen der Röstbakterien ins Stengelinnere begünstigt wird, und weil die stärker gequollenen kolloidalen Pektinstoffe der hydrolysierenden und zerstörenden Wirkung der Bakterienenzyme allseitiger und leichter ausgesetzt werden.

Die Quellung der aus kolloidalen Stoffen zusammengesetzten Faserstengel ist gut an der Zunahme der Stengeldicke zu erkennen. In  $38-40^{\circ}\text{C}$  warmem Wasser kann sie  $12,4\%$  der ursprünglichen Dicke des lufttrockenen Flachsstengels betragen. Diese maximale Dickenzunahme wird trotz der hohen Temperatur erst nach sechs Stunden erreicht, während nach ein und zwei Stunden bereits  $9,0$  und  $10,0\%$  der Dickenzunahme zu verzeichnen sind. Hier liegt eine auffallende Übereinstimmung mit der seinerzeit beobachteten Auslaugung, die schon bei  $29^{\circ}\text{C}$  sich zum allergrößten Teil während der ersten und vielleicht noch der zweiten Stunde vollzogen hatte. Auch dies ist wieder ein Beweis für den engen Zusammenhang zwischen den Vorgängen der Auslaugung, der Luftverdrängung aus den Stengeln und der innigen Durchdringung der Membran und des Stengelinnern mit Wasser. Der Einfluß der Temperatur zeigt sich darin, daß bei  $16-18^{\circ}\text{C}$  die maximale Dickenzunahme der Stengel  $10,8\%$  und bei  $5-7^{\circ}\text{C}$  gar nur  $7,1\%$  beträgt. Letzterer Wert wurde erst nach zehn Stunden, also unter erheblicher Verzögerung erreicht. Vorstehende Daten beziehen sich nur auf mittlere Stengelteile des Flachses, nicht auf die unteren und oberen, welche eine merklich geringere Dickenzunahme aufweisen. Das ungleiche Quellen ist von Bedeutung für das verschiedene Rösten der einzelnen Stengelteile und der verschiedenen Flachssorten.

Infolge der starken Wasseraufnahme und Quellung werden die Stengel eine beträchtlichere Dickenzunahme auch im Vergleich zum lebenden Zustande aufweisen. Dabei müssen trotz vorhandener geringer Elastizität der äußeren Gewebe

doch schließlich Sprünge und Risse entstehen, wodurch die Möglichkeit für bedeutend schnelleren Austritt der Stoffe gegeben wäre. Untersuchungen, in welchem Umfange sich diese Annahme bestätigt, liegen nicht vor, sind aber sehr wichtig, da sie auch auf den Verlauf der biologischen Vorgänge in mancher Richtung Licht zu werfen imstande wären. Das Eindringen der Röstbakterien bis zu den Bastfasern könnte auf diese Weise sehr erleichtert werden.

Neben der Temperatur sind auch einfache mechanische Mittel imstande, die Auslaugung des eingebrachten Röstgutes beträchtlich zu fördern, so die Bewegung des Wassers, das häufigere Heben und Senken der Röstkästen und die Luftzufuhr der mit dementsprechenden Einrichtungen versehenen Rösten. Hierdurch wird die Diffusion der löslichen Stoffe in Flüssigkeit und Stengel beschleunigt. Bei einem osmotischen System, wie es hier zwischen Pflanzenzelle, Gewebe und äußerer Flüssigkeit besteht, findet durch die Membran nur so lange ein Stoffaustausch statt, bis die ungleiche Konzentration auf beiden Seiten ausgeglichen ist. Je verdünnter die Lösung auf der einen Seite ist, um so stärker saugend vermag sie zu wirken und um so mehr Stoffe von der anderen Seite herüberzuziehen. Das bedeutet für die Warmwasserröste, daß man, je reiner und größer die Menge des Wassers gegenüber einer bestimmten Menge Flachs ist, desto schneller und weitgehender die Auslaugung erreicht. In völlig ruhigstehendem Wasser sammeln sich die löslichen Substanzen erst in der die einzelnen Stengel und Bündel umgebenden Schicht an und setzen die osmotisch wirkende Kraft herab. Schon das durch die Heizrohre angewärmte und aufsteigende Wasser bewirkt bei der Warmwasserbassinröste eine Mischung.

Obwohl für die Praxis eine erhebliche Verlangsamung oder gar Hinderung der Auslaugung durch Anreichern der Stoffe im Wasser nicht so schnell eintreten wird, muß man sich doch vergegenwärtigen, daß man die warme Lauge, die wegen Kohlenersparnis gerne wieder verwendet wird, nicht beliebig oft benutzen darf, und daß mit jeder erneuten Anwendung derselben ihre Wirksamkeit nachläßt.

Die sehr verschiedene Färbung der Auslaugeflüssigkeit darf nicht dazu verleiten, Rückschlüsse auf Menge und Art der in Lösung gegangenen Substanzen zu ziehen. Sie ist in hohem Grade abhängig von dem Reifegrad und der Sorte des Flachses, den meteorologischen und bodenklimatischen Verhältnissen, unter denen er gewachsen ist, sowie den Einflüssen, die während der Ernte und Aufbewahrung mitgespielt haben. Auch die Bedingungen, unter denen ausgelaugt wurde, können große Verschiedenheiten zur Folge haben. Die Feststellung von feinen Farbenunterschieden ist zwecklos, wenn man nicht alle mit hineinspielenden Faktoren berücksichtigt. Die Flüssigkeit bleibt um so heller, je geringer die Wasseroberfläche im Verhältnis zur ganzen Röstmasse ist, d. h. je weniger der Sauerstoff der Luft hinzutreten kann und je niedriger die Temperatur während der Auslaugung gehalten wird. Gerade in den ersten zwei Stunden finden sich leicht oxydierbare Körper in der Lauge, die entsprechend der zur Verfügung stehenden Sauerstoffmenge die Flüssigkeit goldgelb, bräunlich oder dunkelbraun färben. Die Wärmezufuhr beschleunigt diese Oxydationsprozesse bis zu einem gewissen Grade. Besonders stark tritt dies bei den Rösten hervor, die gleich zu Beginn mit Luftzufuhr arbeiten und infolgedessen eine dunkle Braunfärbung aufweisen. Deshalb braucht sie während der übrigen Dauer der Röste, wo mikrobiologische Zersetzungen aller Art vorkommen, nicht bestehen zu bleiben. Bei der durchlüfteten Röste kann gegen Ende die Röstflüssigkeit wieder heller und mehr gelblichbraun werden. Diese Farbstoffbildungen werden verursacht durch Oxydation gewisser aromatischer, in der Pflanzenwelt verbreiteter Spaltprodukte und durch Enzyme, Oxydasen, die bei der Auslaugung gleichzeitig mit in das Wasser austreten. Weitergehende Oxydationen und Reduktionen, gebunden an Reduktasen, welche den von den Oxydasen auf die Farbstoffträger übermittelten Sauerstoff wieder entreißen, müssen zur Aufhebung der Färbung führen.

Für Hanf liegen die Verhältnisse ähnlich. Nähere Angaben fehlen vorläufig in der Literatur.

**Biologische Vorphase.** Aus voranstehenden Ausführungen ist zu ersehen, wie vielseitig und kompliziert schon die Vorgänge sind, welche sich noch vor dem biologischen Teil der Röste abspielen. Noch schwerer erklärlich sind die Verhältnisse der eigentlichen Röste, weil unsere Kenntnisse über ihre Biologie noch sehr im Argen liegen. Zum großen Teil sind wir auf Vermutungen und Vergleiche mit ähnlichen Vorgängen bei anderen technischen Gärungen angewiesen. Es müssen daher im folgenden Lücken auftreten, und eine gut zusammenhängende Schilderung der bei der Röste sich abwickelnden biologischen Vorgänge wird nur schwer möglich sein. Trotzdem soll versucht werden, durch Verbindung der Einzelprozesse ein möglichst gutes Gesamtbild der Röste zu geben. Dabei rollen sich eine Menge für den Wissenschaftler und für den Praktiker gleich wichtiger Fragen auf, denen nachzugehen wohl der Mühe lohnt.

Im biologischen Teil wird die erste Phase nicht immer als Rösten der Stengel angesprochen. Dies ist auf einen ungenauen Sprachgebrauch zurückzuführen. Es fragt sich, ob wir mit Rösten nur die Tätigkeit der spezifischen Erreger auf den Faserstengeln bezeichnen wollen, auf die es bei der Fasergewinnung allein ankommt, und wie es der Praktiker tut, oder ob wir die Gesamtheit der Veränderungen, die mit dem Faserstengelmateriel bei der Warmwasserbassinröste von dem Augenblick an, wo es unter Wasser gesetzt wird, vor sich gehen, damit meinen. Tatsächlich gehören aber die Vorgänge der physikalischen und ebensogut die der ersten biologischen Phase, welche die Tätigkeit der nicht röstenden Organismen betrifft, recht wohl zum Röstprozeß. Ohne diese ist das Rösten der Textilpflanzen nicht denkbar. Wohl würde ein Faulen eintreten, aber kein Rösten, wie es bei der biologischen Gewinnung der Bastfasern der Fall ist. Fäulnisvorgänge, die zu einer Zerstörung der Faser, nicht zu ihrer Freilegung führen, treten schon ein, wenn wir viel Flachs in wenig Wasser bei erschwertem Luftzutritt rösten. Luftzufuhr und noch mehr der Zufluß von frischem Wasser lassen das Rösten reiner und schneller ablaufen. Wir müssen also in den Begriff

Rösten auch alle jene Vorgänge mit einbeziehen, die nur indirekt an der Bloßlegung der Faser beteiligt sind. Die Vergärung der Pektinstoffe ist nur ein kleiner Teil dessen, was beim Rösten geschieht. Darum braucht sich die Sprache des Wortes „Rösten“ im engeren Sinne, wobei ganz allein an die Tätigkeit der Röstbakterien innerhalb des Faserstengels gedacht ist, durchaus nicht zu enthalten.

Noch mehr Schwierigkeiten als die scharfe Trennung der ersten Phase von der zweiten bereitet bei der Warmwasserbassinröste die reine Scheidung des biologischen Teiles in einen allgemeinen und einen speziellen. Doch scheint sie berechtigt zu sein, da so die vielfach ineinander verschlungenen Pfade der mikrobiologischen Vorgänge besser verständlich sind und das Charakteristische der einzelnen Fortschritte mehr hervorgehoben wird. Wie in der Physik und Chemie treffen wir in der Mikrobiologie eine gesetzmäßige Reihenfolge von Erscheinungen. Nur reagiert das an das Plasma als Substrat gebundene Leben häufig in einer so außerordentlich feinen Weise auf jeden äußeren Faktor, daß wohl die Wirkung, aber nicht die Ursache erkennbar ist. Mit solchen Schwierigkeiten, die manchmal eine große Unsicherheit in biologische Arbeiten und deren Auswertung hineintragen, hat jeder zu rechnen, der sich mit ihnen befaßt. So auffallend und interessant biologische Reaktionen im Vergleich zu denen der leblosen Welt sein können, so schwer ist es, ihrer Spur im Bereich der Kleinlebewesen zu folgen.

Die zweite Phase der Warmwasserbassinröste setzt mit dem Entstehen eines Gewimmels von Keimen in der klaren, durchsichtigen Auslaugeflüssigkeit ein. Im Vergleich zu dieser Schar von Mikroben, die für die Pektinstoffzehrung nicht in Frage kommen, tritt die Entwicklung der Röstbakterien völlig in den Hintergrund. Wenn wir sie überhaupt mikroskopisch feststellen wollen, so dürfen wir nicht auf den Faserstengel und noch weniger in der Rinde suchen, welche später das von ihnen vollständig beherrschte Tätigkeitsfeld ist. Weder Rösterreger noch andere Bakterien finden während dieser Zeit hier eine Entwicklungsmöglichkeit, da die Substanzen

der pflanzlichen Gewebe infolge ihrer Unlöslichkeit vor ihren Angriffen geschützt sind. Hochmolekulare Stoffe werden bei ihrer Hydrolyse durch Bakterienenzyme zum großen Teile in Abbauprodukte verwandelt, welche schon in leichtlöslicher Form in der Pflanze vorliegen und bei Einweichen des Stengels in die Flüssigkeit austreten. Alle Substanzen, die den Bakterien zur Unterhaltung ihrer vielseitigen Lebensäußerungen dienen sollen, müssen durch die Membran der Bakterienzelle hindurchtreten. Es ist also klar, daß nur die im Wasser wirklich gelösten und mit ihm durch die Zellwand tretenden Stoffe in Betracht kommen. Kolloide und deren Lösungen sind unbrauchbar, daher machen sich die Bakterien zuerst lediglich in der Flüssigkeit breit.

Die Rösterreger würden sich schon in dieser natürlichen Nährlösung kräftig vermehren, wenn nicht andere Mikroben gleichzeitig mit ihnen um dieselben Stoffe stritten. Solange die leicht vergärbare Glukose vorhanden ist, stehen andere als Energiequellen auch gut verwertbare Stoffe, ganz abgesehen von den Körpern, die erst von bestimmten Bakteriengruppen vermöge ihrer spezifischen Enzyme zerlegt werden, hinten an. Der Kampf ums Dasein ist unter den Kleinlebewesen nicht weniger erbittert als sonst in der Welt. Nur diejenigen Arten und Gruppen können ihren Platz behaupten, welche allein oder in günstiger Gemeinschaft mit Begleitern aufs beste an die jeweils vorliegenden Bedingungen angepaßt sind. Je enger die Grenzen derselben, um so weniger Aussicht besteht für das Fortkommen einer Bakterienart.

In diesem rücksichtslos geführten Kampf kann sich *Bacillus amylobacter* nicht emporarbeiten. Er ist zwar vorhanden, vermehrt sich auch in der Flüssigkeit, doch nimmt er nur eine sehr bescheidene Stellung unter der ungeheuer anwachsenden Menge anderer Bakterien und hefeähnlichen Organismen ein. Darum ist sein Anteil an den Stoffumsetzungen in der Nährlösung ebenso wie die Möglichkeit zu rösten, fast gleich null. Er läßt sich auf und in den Stengeln zu dieser Zeit überhaupt noch nicht nachweisen. Erst wenn für

die anfänglich üppig gedeihenden Organismen längst nicht mehr die glänzenden Ernährungs- und Fortkommensbedingungen bestehen und die Stoffumsetzungen einen gewissen Grad erreicht haben, ist die Zeit für die Pektinstoffzehr gekommen.

Selbst bei weiterer Vermehrung der Begleitflora wird ihnen ihre Nährstoffquelle nicht streitig gemacht. Ihr Wachstum und ihre Verbreitung gehen daher von jenem Augenblick an sehr schnell zwischen den Parenchymzellen und den Bastfasern vor sich. Wenn aber die Anhäufungen der nach Färbung mit Jod im mikroskopischen Bilde so deutlich hervortretenden Röstbakterien beobachtet werden kann, ist das Rösten des Flachses bereits in einem sehr vorgeschrittenen Stadium, der Flachs ist, wie der Praktiker sagt, abgeröstet. Der Augenblick, wo die Entwicklung der Rösterreger stärker einsetzt und sich auf das Innere des Flachsstengels erstreckt, ist natürlich nicht so scharf feststellbar, wie es nach der vorangehenden Schilderung den Anschein haben könnte, und wird um so stärker verwischt, je weniger rein sich der Röstvorgang abspielt. Immerhin ist es ein Markstein in der Kette der aufeinanderfolgenden biologischen Prozesse, sodaß auf seine Hervorhebung besonderes Gewicht gelegt werden muß, um so mehr, als er zur Scheidung der biologischen Phase der Röste in eine allgemeine und eine spezielle dient.

Bevor wir näher auf die Nebenorganismen, die in der biologischen Vorphase ihr Wesen treiben, ihre Bedeutung für die folgenden Vorgänge und besonders für das den Praktiker interessierende eigentliche Rösten eingehen, müssen wir uns noch kurz die Frage vorlegen, woher überhaupt die Keime, die wir in den Rösten vorfinden, herrühren, und weshalb unter der Begleitflora des *Bacillus amylobacter* keine von den vielen Mikrobenarten, die sonst allgemein an der Zersetzung von tierischen Stoffen und Vegetabilien teilnehmen, anzutreffen sind. Es ist gar nicht daran zu zweifeln, daß die Keime, die zufällig aus der Luft oder mit dem Flachsstroh bei jeder Beschickung der Behälter von neuem in diese hinein-

gelangen, sehr viel artenreicher sind als das später darin vorgefundene Gemisch von Organismen. Die Gründe hierfür liegen in den scharfbegrenzten Lebensbedingungen. Die Dauer der Röste, die Temperatur, die Sauerstoffverhältnisse, die Zusammensetzung der Nährlösung, in hohem Maße auch ihre Konzentration und viele andere Dinge haben Einfluß auf das Vorkommen von bestimmten, zu den allergewöhnlichsten Arten gehörenden Mikroben. Für gewisse Organismen liegen die Verhältnisse von Beginn der Röste an äußerst ungünstig. An dieser Stelle sei gleich der berühmten Zellulosezersetzer gedacht, die mit dem vom Felde kommenden, nach Vorschrift gerauften Flachs, dem noch erdige Bestandteile anhaften, in großen Mengen mit in die Röste gelangen. Sie finden aber in der Warmwasserbassinröste, die schnell verläuft und jedesmal abgelassen und neu beschickt wird, absolut keine Daseinsmöglichkeit. Die vielfach bestehende Ansicht, daß das Übrösten der Faserstengel ihr Werk sei, ist völlig unbegründet.

Bei der Frage nach der Herkunft der Keime verdient die meiste Beachtung die des Pektinstoffgärers. Selbst in Röstbottichen, welche noch nie einer Röste gedient haben, verläuft diese in normaler Weise, aber bis zur dritten Füllung deutlich langsamer als in eingearbeiteten Bassins. Die Verzögerung der Röste kann nur durch schwereres Einsetzen oder Fortschreiten der Prozesse der ersten und zweiten biologischen Phase erklärt werden. Trotz völligen Ablassens des Wassers nach beendeter Röste und Herausnehmen des Röstgutes bis auf vereinzelte Stengel bleiben noch viele Millionen Keime in dem Röstbottich zurück und treten beim Ansetzen der nächsten Röste wieder in Tätigkeit. Sie hängen an den Wänden, dem Holzwerk und in den im Bottich zurückgelassenen Schmutzstoffen. Die ersten Stunden der biologischen Vorphase werden dadurch wesentlich abgekürzt. Die Sporenformen und Dauerzustände, welche mit dem Strohfachs hereingebracht werden, bedürfen erst einiger Stunden, bevor sie wieder in Vermehrung treten. Wesentlich bei dieser Organismenanreicherung im Röstbottich ist, daß es sich fast ausschließ-

lich um Keime handelt, die sich in vorhergehenden Rösten als besonders nützlich für die einzelnen Phasen erwiesen haben.

Obwohl am Schluß der Röste die Mikroflora eine andere ist als zu Anfang, so sind doch die Organismen nicht völlig von der Bildfläche verschwunden, selbst wenn ihr Nachweis sich aus methodischen Gründen schwierig gestaltet. Andere der Röste fremde Mikrobenarten würden, in größeren Mengen zugeführt, den Prozeß hemmen oder schädigen, trotzdem sie in dem Kampf mit der legitimen Nebenflora schließlich unterliegen. Auch Stoffwechselprodukte können auf die natürliche Röstflora ungünstig einwirken. Solche Angriffe lassen sich durch Impfung mit etwas altem Röstwasser abschwächen.

Die als Röstbakterien in Betracht kommenden Formen haften meist als Sporen den Behältern an. Es ist aber nicht anzunehmen, daß ihnen der wesentliche Teil an der Abkürzung der Röste in alten Bassins zuzuschreiben ist. Die Gärung besteht anfänglich in einem Abbau der löslichen Stoffe, nicht in der Pektinstoffzersetzung. Deshalb sind die Pektinstoffzehrer zu dieser Zeit sehr in der Minderzahl gegenüber ihren Begleitern. Bevor nicht im Auslaugewasser zum mindesten die mit Fehlingscher Lösung nachweisbaren reduzierenden Stoffe vollständig verschwunden sind, ist an ein Fortkommen des *Bacillus amylobacter* nicht zu denken. Eine anfängliche starke Überlegenheit an Röstkeimen, die man durch Zugeben von besonderen Kulturen oder durch Röst- und Quetschwasser erreichen kann, wird also zu keinem erheblichen Vorteil führen, da sie sofort die emporwuchernde Nebenflora verdrängt. Wohlverstanden gelten diese Tatsachen nur für den Fall der gewöhnlichen Warmwasserbassinröste, wie sie bis jetzt noch fast allgemein in Deutschland gebräuchlich ist. Bei Auslaugen, Wassererneuerung oder anderen Maßregeln werden sich die Verhältnisse sofort ändern, sodaß eine Impfung mit Rösterregern von sichtbarem Nutzen sein kann.

Die Röstkeime kommen auch in den noch nie benutzten zementierten Röstbottichen bald zur Entwicklung, gelangen also wahrscheinlich mit den Faserstengeln hinein. Der Nachweis, daß sie schon auf dem Acker in größerer Anzahl

den Halmen aufsitzen, ist leicht zu erbringen. Sie sollen hier sogar in starker Anhäufung vorkommen, doch ist dies nur zu erwarten, wenn sie gleichzeitig Gelegenheit finden, sich zu vermehren. Beijerinck ist der Meinung, daß die Keime des Rösterregers durchaus nicht allgemein auf Flachs verbreitet sind. Dieser Widerspruch findet vielleicht eine Erklärung durch die wechselvollen Verhältnisse, unter denen die Pflanze aufwächst. Es mögen große Unterschiede bestehen je nach dem Acker, seinem Keimgehalt und besonders dem Wetter, welches während der Vegetationsperiode geherrscht hat.

Sicherlich stammen die auf den Stengeln gefundenen Keime einschließlich der Tauröstpilze aus der Erde. Durch Impfung vorher sterilisierter Stengelteile mit kleinen Mengen Erde kann eine Wasserröste gut in die Wege geleitet werden. Die Röstorganismen sitzen schon auf der Saat oder gelangen aus der Erde auf die Keimlinge und auf die reifen Pflanzen durch Wind und niederfallenden Regen. Die Vermehrung und Anhäufung der Rösterreger scheint schon in der Erde vor sich zu gehen, denn wo auf Kulturboden nach der Ernte größere Mengen Vegetabilien zurückbleiben und verrotten, müssen auch Pektinstoffzehrer am Werke sein. Unter ihnen wird der anaërobe *Bacillus amylobacter* sicher nicht fehlen. Weniger wahrscheinlich ist die Ansicht, daß sich dieser Röstbacillus auf feuchtem Flachs auf dem Felde vermehrt. Er müßte sonst auch an der Tauröste beteiligt sein. Durch ihre Entwicklung auf den auf dem Felde rottenden Pflanzenteilen werden die Rösterreger besonders angriffsfähig für Pektinstoffe erhalten. Allerdings käme dies mehr für Hanf als für Flachs in Frage, der im Gegensatz zu ersterem nicht geschnitten, sondern gerauft wird. Der *Bacillus amylobacter* ist über die ganze Erde weit verbreitet. Zwar können sich seine Eigenschaften je nach den Einflüssen, denen er unterworfen ist, sehr verändern, aber nicht verlieren.

Besonders die Wurzelteile führen selbst nach dem Abtrocknen noch soviel erdige Bestandteile mit sich, daß mit ihnen noch Millionen von Organismen in die Röste gelangen. Der Keimgehalt der Ackerböden schwankt sehr und

beträgt je nach seiner Fruchtbarkeit und voraufgehender organischen Düngung bis über hundert Millionen auf ein Gramm. Während für frische Luft nur 1—5 Keime in zehn Litern nachgewiesen sind, kann der Keimgehalt in der Nähe von Großstädten und besonders von Röst- und Aufbereitungsanstalten auf das Hundertfache und mehr anwachsen. Selbstverständlich wird die Luft in der näheren Umgebung und vor allem in den Innenräumen der Aufbereitungsanstalten, in welchen der mit unendlich vielen Keimen behaftete Flachs verarbeitet wird, in hohem Maße mit in der Röste vorkommenden Organismen beladen sein. Dabei enthält die Luft dort, wo nur mit künstlicher Trocknung gearbeitet wird, vorwiegend Sporenformen.

Wichtiger als die Luft ist das zur Röste verwendete Wasser, weil es in der Regel weit zahlreichere und für das Fortkommen im Wasser besonders geeignete Keime enthält. Ihre Zahl im Wasser ist sehr veränderlich, je nach seiner Herkunft. Klares Grundwasser ist fast keimfrei, dagegen können die reinsten und hygienisch einwandfreien Trinkwässer der Leitungen dreihundert Keime im Kubikzentimeter aufweisen. Flußwasser zeigt noch viel größere Unterschiede. Während von klaren Bergwässern gespeiste, selbst größere Flüsse viel weniger lebende Organismen führen als das Trinkwasser städtischer Leitungen, so können Ströme und Flüsse der Ebenen Tausende und Hunderttausende von ihnen enthalten. Hier hängt ihre plötzliche Zu- und Abnahme so eng mit dem Grad der Verunreinigung der Wässer zusammen, daß aus der festgestellten Zahl der Mikroben auf die Beschaffenheit und Reinheit des Wassers Rückschlüsse gezogen werden können.

Ein stark verunreinigtes Wasser würde auf eine bei erhöhter Temperatur arbeitende Bassinröste ohne Wassererneuerung wahrscheinlich sehr ungünstig wirken. Die für das eigentliche Rösten von Faserpflanzen unerwünschten Nebengärungen treten dann in verstärktem Maße ein und ziehen nicht bloß die biologische Vorphase in die Länge, sondern beeinflussen sicherlich ebenfalls die Hauptphase. Die Röste kann zum Stillstand kommen oder das Faserprodukt an Farbe und Festig-

keit leiden. Doch wird in den seltensten Fällen eine Röstanstalt in die Gefahr kommen, stärker verunreinigtes Wasser verwenden zu müssen.

Meist ist einige Kilometer unterhalb der Stadt oder Fabrik das verunreinigte Flußwasser durch sofort einsetzende Gärungen wieder ebenso keimarm wie vorher. Die organischen Stoffe sind durch Mikroben zersetzt worden, die Keime selbst abgestorben oder zu Boden gesunken, sofern sie nicht von höheren Organismen als Nahrung aufgenommen wurden. Man nennt diesen Vorgang biologische Selbstreinigung der Gewässer. Sie tritt auch in stehendem Wasser ein, wo sie nur längere Zeit in Anspruch nimmt. Die Rösterreger werden in den seltensten Fällen im Wasser und noch weniger in der Luft anwesend sein. Regelmäßig sind in der Luft nur Kokken, Hefen und eine Menge Pilzsporen anzutreffen.

Die im Wasser stets vorkommenden Bakterienarten wie *Bacterium fluorescens liquefaciens* und *Bacterium coli commune* haben einen außerordentlich hohen Anteil an der zahlenmäßigen Zusammensetzung der Nebenflora der Röste. Beide Arten sind in mancher Beziehung entgegengesetzten Bedingungen gut angepaßt. Zu ihrem Vorkommen in sehr nährstoffarmem Wasser, wo an ihre Vermehrung kaum mehr zu denken ist, steht in schärfstem Gegensatz ihre fast stete Anwesenheit überall, wo Eiweißkörper oder ihre ersten hochwertigen Abbauprodukte in Fäulnis geraten.

Die Natur selbst sorgt also für die Gegenwart großer Mengen der wichtigen Rösterreger und der Nebenorganismen. Trotz der unzähligen Keime, die schon von vornherein in dem Bassin enthalten sind, ist die Auslaugeflüssigkeit in den ersten Stunden vollständig klar. Die beginnende Trübung, die man am besten bei einer Probe Röstwasser von nicht zu dünner Schicht in einem Glase beobachten kann, ist das sicherste Zeichen für den Anfang der Gärungen. Gasentwicklung kann vorgetäuscht werden durch Entweichen von Luft aus dem Wasser, das infolge Erwärmung bei der Warmwasser-

bassinröste nicht mehr dieselbe Menge absorbiert halten kann, oder durch die schon besprochene Verdrängung aus den Faserstengeln.

Während vorher die Gase aus Stickstoff und Sauerstoff bestanden, wird die bei der Trübung einsetzende Bläschenbildung, die sich in Form eines leichten weißlichen, noch nicht von einer Oberflächenflora verschmutzten Schaumes zu erkennen gibt, mehr und mehr von Kohlensäure gebildet. In späteren Stadien, wo der Sauerstoff in der Röstmasse fehlt, tritt noch Wasserstoffgas in größeren Mengen hinzu. Behrens beobachtete bei der Hanfröste eine mit eintretender Trübung vor der eigentlichen Pektinzersetzung wieder verschwindende Gärung mit weißer Schaumbildung, die er mit der Entbindung von Stickstoffgas aus Nitraten in Zusammenhang bringt. Doch ist diese Beobachtung von anderen Forschern nicht wieder gemacht worden.

Außer Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure wurden bei der Warmwasserbassinröste von Flachs keine Gase festgestellt. Der Stickstoff braucht durchaus nicht immer eine Folge des durch Mikroben bewirkten Stoffwechsels zu sein, er kann selbst während eines fortgeschrittenen Stadiums der Röste von der in dem Stengelinnern eingeschlossenen Luft herrühren. Sauerstoff wird in der Röstflüssigkeit gierig von der Bakterienflora zurückgehalten und aufgesogen, und zwar um so mehr, je älter das Wachstum der Bakterien ist. Infolgedessen wird bei der Gasanalyse nur Stickstoff in Erscheinung treten. Er ist für die weitaus meisten Bakterien wertlos.

Die Entwicklung der Mikroben in der Auslaugeflüssigkeit ist abhängig von der Temperatur, bei der die Warmwasserröste verläuft. Letztere wird am besten so gewählt, daß sie sowohl die physikalische als auch die biologische Vorphase möglichst abkürzt. Die in der ersteren sich abspielenden Prozesse werden beschleunigt, je höher man mit der Temperatur des Wassers hinaufgeht, doch ist schon hier eine Grenze gezogen, die nicht überschritten werden darf, wenn nicht die erzielten Vorteile in größere Nachteile für die folgenden biologischen Stadien umgewandelt werden sollen.

Man darf auf keinen Fall zu Anfang der Röste über 40° C hinausgehen. Das Auslaugen und das Aufquellen des Flachsstengels sowie das stärkere Ansaugen von Wasser durch Kolloide wird günstig beeinflusst, die Entwicklung der Keime aber gehemmt oder völlig verhindert. Das Optimum der meisten bei uns im Freien vorkommenden Organismen und anscheinend auch unseres Röstbakteriums liegt zwischen 20 und 30° C. Die von Bredemann geprüften Stämme des *Bacillus amylobacter* besaßen sämtlich das Temperaturoptimum von 30° C, trotzdem sich manche äußere Merkmale bei höheren Temperaturen intensiver zeigten. Zwar verliefen Gärung und Vermehrung üppiger bei 37° C, aber das langsame Zugrundegehen ihrer Kulturen, oft schon nach wenigen Tagen, beweist, daß jene Temperatur nicht die optimale war. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei unserer Warmwasserbassinröste, die, wie mancher Röster schon erprobt haben wird, bei 37° C merklich rascher vor sich geht.

Wie lange die Röstbakterien nach Ende der Pektingärung lebenskräftig bleiben, könnte gleichgültig sein, denn es werden bei jeder Bassinfüllung genügend gärtüchtige Keime wieder eingebracht. Trotzdem röstet man heutzutage fast allgemein nur noch bei ungefähr 30° C oder geht, wenn man anfänglich diese Temperatur überschritten hatte, frühzeitig wieder herunter. Von dem Augenblick an, wo die leichter vergärbaren Stoffe den Bakterien zum Opfer gefallen sind und nun die Pektinkörper, Stärke und Eiweiß als Nährstoffe an die Reihe kommen, werden diejenigen Keime am besten gedeihen, welche den vorgefundenen Ernährungsbedingungen angepaßt sind, also am meisten das spezifische Enzym zur Abscheidung bringen. Alle anderen bleiben zurück oder werden als weniger widerstandsfähige Organismen von den schließlich schädlich wirkenden Stoffwechselprodukten ihrer eigenen Genossen betroffen.

Durch jede bei der Röste gewählte Temperatur werden einzelne Organismenarten bevorzugt, andere zurückgedrängt. Die Bedeutung der Nebenflora für die Röste ist bekannt, und es darf deshalb nicht gleichgültig sein, wenn durch Anwendung einer Temperatur eine beliebige Auswahl unter ihr getroffen wird. Stärkere

und besonders häufigere Temperaturschwankungen werden gegenüber einer gleichmäßigen Durchschnittstemperatur die Röste nur verlangsamen, wenn nicht benachteiligen, weil sich neue Organismen unter dem hemmenden Einfluß der zuvor das Feld innehabenden Flora hocharbeiten müssen. Vorsichtig angewendete einmalige Temperaturerhöhung oder -senkung kann aber eine Verbesserung der Röste bedeuten. Nach einer versehentlich zu hoch gegangenen Temperatur von schon zwischen 40—50°C, wo alle vegetativen Formen zu Grunde gehen, können sich zwar die Sporenbildner wieder emporarbeiten, doch alleine nicht den Einfluß der früheren Mikroflora auf die Röste erlangen. Aber die empfindlicheren Fluoreszens- und Coli-Bakterien leisten während der biologischen Vorphase infolge ihres außerordentlich schnellen Wachstums und ihrer Gärtüchtigkeit besonders wichtige Dienste.

Natürlich kann man sich mit der Temperatur nicht nach dem Optimum der einzelnen Bakterienarten richten, selbst wenn ihre Haupttätigkeit in der Röste zeitlich deutlich hintereinander fiel. Nähere Angaben und Untersuchungen über die Zusammensetzung der Nebenflore im ersten biologischen Stadium sowie über die Häufigkeit der einzelnen Organismenarten und -gruppen fehlen noch vollständig oder stimmen doch schlecht überein. Erst genauere Beobachtungen über die Entwicklung der verschiedenen Spezies während der Röste, auch im Vergleich mit anderen Organismen und besonders dem sofort in ziemlicher Stärke auftretenden Röstbakterium, können Aufklärung geben, von welcher Bedeutung die einzelnen Mikroben für die augenblickliche Phase und die nachfolgenden Prozesse des Röstvorganges sind.

Der biologische Teil der Röste besteht aus einer Kette eng zusammenhängender chemischer und biologischer Reaktionen. Zwar können sie nicht scharf voneinander getrennt werden, doch wird man bei Zersetzungen von unlöslichen Bestandteilen durch Bakterienenzyme der Röstmasse stets an rein chemische Prozesse

glauben. Solche kommen aber wohl nur in geringem Umfange bei der während der Röste beobachteten Veränderungen in der Flüssigkeit und an den Stengeln in Frage. Ein rein chemischer Vorgang ist die Oxydation reduzierender Substanzen durch den Sauerstoff der Luft. Derartige in der Natur auch sonst häufiger vorkommende Oxydationen von organischen Stoffen gehen ohne Vermittlungen von Kleinlebewesen vor sich; indes sind die bei der anaeroben Röste entstehenden reduzierenden Stoffe zum größten Teil das Werk bakterieller Vorgänge, sodaß auch hier letzten Endes die Biologie mitspricht.

Zu den am zahlreichsten im Röstwasser anwesenden Mikroorganismen gehört die Fluoreszens- und Coli-Gruppe. Der Grund zu dem völligen Vorherrschen dieser Arten in der biologischen Vorphase und ihrer außerordentlichen Vermehrung während der Röste ist in Eigenschaften zu suchen, die sie vor anderen Organismen auszeichnen. Ein überragender Anteil der Umsetzungen in der Auslaugeflüssigkeit und der eigentlichen Röste, Veränderungen an nassem Röstflachs während der Naturtrocknung und an der ausgeschwungenen Faser, die durch feuchte Lagerung oder künstliche Benetzung soviel Feuchtigkeit enthält, daß wieder Bakterienentwicklung möglich wird, ist diesen Organismen zuzuschreiben.

Die Entwicklung des *Bacterium fluorescens* und des *Bacterium coli* sowie ihrer Abarten in der anfänglich klaren Auslaugeflüssigkeit ist bedingt durch ihre reichliche Anwesenheit auf Strohlachs und im Wasser. Sobald durch Einwirkung des Wassers auf den Flachs die Nährstoffe aus diesem heraustreten und sich verteilen, beginnt eine sehr schnelle Vermehrung der anwesenden Keime, deren übermäßige Ausdehnung aber durch eine Menge Begleitumstände gehemmt und in normalen Grenzen gehalten wird. Diejenigen Organismen, welche dem Durchschnitt aller mitsprechenden Bedingungen am besten angepaßt sind, werden schneller heranwachsen im Vergleich zu anderen. Solche Arten sind die Vertreter der Fluorescens- und Coli-Gruppen. Mit Beginn der Mikrobenentwicklung ändern sich dauernd die Verhältnisse, und es setzt die gegenseitige Beeinflussung mit all ihren Einzelheiten ein, die

nicht immer nur in einem Kampf gegeneinander, sondern häufig auch in einer Förderung und Vergesellschaftung der verschiedenen Organismen zum Ausdruck kommt. Flourescens und Coli-Arten sind an gewissen morphologischen und physiologischen Merkmalen leicht zu erkennen und daher bei biologischen Untersuchungen von Rösten nicht zu übersehen.

*Bacterium coli commune*, auch Kolon- oder Kolibazillus genannt, bildet je nach den äußeren Bedingungen, nach Alter, dargebotenen Nährstoffen und Temperaturverhältnissen kurze ovale oder längere sporenlose Stäbchen. Die jungen Zellen verfügen stets über kräftige Eigenbewegung. Seine Anspruchslosigkeit in bezug auf Sauerstoff, Temperatur, Nährstoffe und Reaktion sichern ihm allgemeine Verbreitung. Am besten gedeiht es bei vollem Luftzutritt, wächst aber gleichfalls anaërob, wenn auch etwas schwächer sobald Zucker fehlt. Ferner gehört das *Bacterium coli* zu den Wasserbakterien, die selbst in kaltem Wasser noch ihr Fortkommen finden, wenn sie auch bedeutend stärker bei 20° C und besser noch bei 37° C zur Entwicklung kommen. Obwohl es zu den typischen Fäulnisbakterien gehört, wächst es auch gut auf den einfachsten Stickstoffnährböden. Aus Zucker produziert es reichliche Mengen Säuren und ist gegen stark saure Reaktion unempfindlich. Daher ist es in allen Rösten bis zum Schluß zu finden. Es macht so wenig Ansprüche an die Art der Nährstoffe, daß es in der Bakteriologie als omnivor bezeichnet wird. Unter anaëroben Bedingungen soll es hauptsächlich Milchsäure, unter aëroben Essigsäure erzeugen, die wir am Ende der Röste im Abwasser oder im nassen Röstflachs wiederfinden. Wichtig ist auch, daß dieses *Bacterium* höhere, von anderen Mikroben erzeugte organische Säuren unter Bildung von Kohlensäure und Wasserstoff zu zersetzen vermag. Andererseits dienen die von *Bacterium coli* gebildeten niederen organischen Säuren, die es selbst nicht mehr verwerten kann, weiteren Organismen als Energiequelle. Die bei den Gärungen der Röste in großen Mengen auftretenden organischen Säuren und Gase sind aber nicht bloß Produkte des *Bacterium coli*, sondern die einer

ganzen Reihe von Organismen. Nur manche seiner Rassen vergären Rohrzucker, den sie zuvor mit Hilfe des Enzyms Invertase in Fruchtzucker und Traubenzucker, Glukose, aufspalten. Nicht alle Bakterien verfügen über dieses Enzym, das ihnen eine wichtige Kohlenstoffquelle erschließt. Andere Coli-Abarten greifen Stärke an, die bei völliger Hydrolyse nur Glukose liefert. Das *Bacterium coli* hat, allerdings in verschieden starkem Grade, reduzierende Wirkungen. Sein Bedürfnis nach Sauerstoff ist so groß, daß es ihn sauerstoffreichen Verbindungen entzieht. Die Tätigkeit solcher sauerstoffzehrender Bakterien ist besonders während der biologischen Vorphase für die nachfolgende Anaërobiose von großer Bedeutung.

Bei *Bacterium fluorescens liquefaciens* finden wir gleichfalls die fließenden Grenzen. Es kann kulturell und morphologisch sehr verschieden aussehen. Im allgemeinen bildet es längere schlankere Stäbchen als der Kolonbazillus, doch können sie mitunter auch kurz und fast rundlich werden, sodaß sie von jenen äußerlich nicht zu unterscheiden sind. Dies *Bacterium* ist gleichfalls lebhaft beweglich und breitet sich im Röstwasser nach allen Seiten hin schnell aus. Es wächst gut sowohl bei 20° C als besonders bei 37° wie *Bacterium coli*, ohne bei kälterer Temperatur sein Wachstum einzustellen. Die biologische Vorphase der Röste würde also durch höhere Temperatur allein schon eine Abkürzung erfahren durch Förderung dieser beiden Hauptformen der Nebenflora. In seinem Verhalten gegenüber Sauerstoff weicht *Bacterium fluorescens* wesentlich von seinem Begleiter ab, denn es ist nur unter günstigen aëroben Bedingungen zu finden, obwohl anaërobe Abarten beobachtet wurden. Es müssen sich bei fortschreitender Röste demnach seine Lebensbedingungen ungünstiger gestalten. *Bacterium fluorescens* gehört zu den typischen Fäulnisbakterien, ist aber wie *Bacterium coli* mit einfachsten Stickstoffquellen zufrieden. Es vermag Eiweißstoffe direkt in Lösung zu bringen und für sich auszunützen, während Coli erst nach den ersten Aufspaltungsvorgängen sich von ihnen nähren kann. Bei reiner Eiweißernährung, wo die Eiweißkörper sowohl Stickstoff- als Kohlenstoffquelle

darstellen, würde *Bacterium coli* erst nach vorheriger Entwicklung von Fluoreszenz wachsen können. *Bacterium fluorescens* ist einer der gewöhnlichsten Bewohner von Wasser und Erde und kommt selbst in der Milch häufig vor. Es bildet im Gegensatz zu *Coli* aus Glukose und anderen Kohlehydraten wenig Säure und ist daher auch gegen solche deutlich empfindlicher als sein Begleiter. Ob die in der Warmwasserbassinröste sich ansammelnde Säure imstande ist, sein Wachstum zu hemmen, bedarf noch der Untersuchung. Jedenfalls wird es verlangsamt schon durch die eintretenden Sauerstoffverhältnisse und das Fehlen der Glukose von einem verhältnismäßig frühen Zeitpunkt ab. Freie organische Säuren wird das *Bacterium* kaum ausnützen können.

Bei Sauerstoffmangel und überwiegender Eiweißernährung treten infolge Tätigkeit der Fäulnisbakterien anaërobe Prozesse ein, welche zur Bildung widerlich riechender Stoffe führen. Die Anaëroben bauen die Eiweißstoffe ab, ohne sie sofort vollständig zu zersetzen oder zu oxydieren. Es entstehen deshalb Verbindungen des im Eiweiß enthaltenen Schwefels, wie Schwefelwasserstoff, Merkaptan und andere Stoffe. Auch der nasse Röstflachs kann, wenn er in sehr schlechtem, wenig erneuertem Wasser geröstet ist, diese Gerüche verbreiten. Sie deuten dann auf eine wenig gut durchgeführte Röste hin wie eine Kanalröste mit zu geringem Wasserzu- und -abfluß. Eine Warmwasserbassinröste hat auch ohne Wassererneuerung nicht den pestilenzartigen Geruch der Eiweißfäulnis am Flachs aufzuweisen. Für Reinigung der Bassins muß auch hier von Zeit zu Zeit gesorgt werden. Einen Teil der Eiweißstoffe liefern die Bakterienmassen selbst, welche auf den Boden niedersinken und dort der Fäulnis anheimfallen wie tierische Zellen. Es sammelt sich dann im Bodenschlamm der streng anaërobe, als echter Fäulniserreger bezeichnete *Bacillus putrificus* an.

Ein Unterschied zwischen pflanzlichen Eiweißkörpern und solchen niederer und höherer Tiere wird von Fäulnisbakterien nicht gemacht. Im allgemeinen verläuft das Faulen des Pflanzenkörpers anders als beim Tierleib, da im Gegensatz zu diesem seine Hauptmenge aus Kohlehydraten besteht.

Hier überwiegen daher die Zersetzungen, welche zur Bildung von Säuren führen, die aber zum Teil, wie Buttersäure und Valeriansäure, ebenso unangenehm riechen können. Auch diese Art Zersetzungen bezeichnet man mit Fäulnis. Die beiden Prozesse stehen sich biologisch vollständig gleich, beziehen sich nur auf zwei verschiedene Kategorien von organischen Körpern und führen zu anderen Endprodukten. Man hat sich in der biologischen Wissenschaft daran gewöhnt, im allgemeinen den Begriff der Fäulnis näher zu fassen und nur bei der Zersetzung von Eiweiß von einer solchen zu sprechen. Für die Fäulnisvorgänge von Kohlehydraten hat sich das Wort „Gärung“ eingebürgert.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Fäulnis und Gärung liegt in ihrer verschiedenen Reaktion. Die bei der Fäulnis entstehenden einfachen Verbindungen wie Ammoniak, Amine und das freiwerdende Kalium bedingen eine alkalische Reaktion, während die Gärungsflüssigkeit infolge Erzeugung organischer Säuren sauer reagiert.

Die bei der Fäulnis und Gärung auftretenden widerlichen Gerüche können durch reichlichen Luftzutritt fast völlig vermieden werden. Die unter dem Einfluß der aëroben Organismen verlaufenden Oxydationen sind gleich so vollständig, daß es nicht erst zur Bildung der intermediären, unangenehmen Stoffe kommt. Im Gegensatz zu der übelriechenden Fäulnis bezeichnet man solche Zersetzungen mit Verwesung. Die Verwesung bedeutet also einen schnelleren, vollständigeren Zerfall der Körper im Vergleich zu dem schrittweisen Abbau bei der Fäulnis und Gärung.

Teilweise lassen sich die Übelstände der anaëroben Röste, wie sie in den Warmwasserbassins vor sich geht, nicht abstellen, teilweise aber wohl durch geeignete Maßnahmen beheben oder auf ein geringes Maß herabsetzen. Die Abwässer, deren fäulnisfähige Stoffe schnell der Verwesung, also der Verbrennung mit Luftsauerstoff durch Mikroorganismen entgegengeführt werden sollen, können sehr gut derart behandelt werden, daß die Fäulnis, wenn sie noch nicht eingetreten ist, gar nicht erst zur Erscheinung kommt, oder daß die Fäulnisvorgänge in Verwesungsprozesse umgewandelt werden.

Über das Leben und Treiben der weiteren Vertreter der Nebenflora in der Warmwasserbassinröste ist noch wenig bekannt. Manche treten nur zeitweise auf, verdienen aber doch eine Erwähnung, weil sie sich nachher auf dem gereinigten Faserflachs unter den noch lebenden Keimen in überwiegender Menge finden. Auch auf Schwungflachs ist bei genügender Feuchtigkeit Leben von Bakterien und Schimmelpilzen möglich. Das für die Fluoreszens- und Coli-Gruppe Gesagte ist zum großen Teil auch für die anderen Mikroben maßgebend.

Nicht ganz ohne Bedeutung und in der Fachliteratur mehrfach erwähnt sind die Milchsäurebakterien. Zu dieser systematisch gut abgegrenzten Gruppe gehören eine ganze Reihe von Bakterienformen wie Kokken, Diplokokken, Streptokokken, Kurzstäbchen und auch lange fadenförmige Zellen, die in verschiedene Untergruppen eingeteilt werden. Manche lassen sich von *Bacterium coli* nicht unterscheiden, wie denn überhaupt die mikroskopische Betrachtung nur einen geringen Überblick über die tatsächlich vorhandenen verschiedenen Arten in einem natürlich entstandenen Bakteriengemisch gibt, weil die Ähnlichkeit der Formen zu groß ist. Milchsäurebakterien erzeugen alle in größerer Menge Milchsäure, eine nicht flüchtige, sogenannte fixe Säure. Nur solche Bakterien, die diese Säure in ihrem Stoffwechsel in auffallender Weise zur Bildung bringen können, zählt man zu der Gruppe der Milchsäurebakterien; denn in kleineren Mengen und unter gewissen Bedingungen liefern viele andere Bakterien neben ihren übrigen Stoffwechselprodukten diese Säure, wie z. B. *Bacterium coli* unter anaëroben Verhältnissen. Nicht stets erzeugen Milchsäurebakterien dies Stoffwechselprodukt. Die „langen“ Stäbchen setzen z. B. Milchzucker nicht in Säure um wie alle anderen Untergruppen.

Die Milchsäurebakterien sind unbeweglich, sodaß solche, welche sonst äußerlich nicht von *Bacterium coli* zu unterscheiden sind, hierdurch erkennbar werden. Im übrigen sind sie gleich den vorgenannten Fluoreszens- und Coli-Arten alle keine Sporenbildner, würden also durch zu starke Erwärmung des Röstwassers bald zugrunde gehen, ohne aus Dauerzuständen

wieder zu neuem Leben erstehen zu können. Sie lieben aber trotzdem hohe Temperaturen, denn ihr Optimum liegt über  $30^{\circ}\text{C}$  und geht sogar bei vielen bis  $40^{\circ}\text{C}$  hinauf. Wichtig für die Verhältnisse in unserer Röste ist, daß die Milchsäurebakterien anaërob oder fakultativ anaërob sind und die Nährflüssigkeit stets ansäuern. Deshalb sind sie verhältnismäßig unempfindlich gegen Säuren, verlangen sogar teilweise saure Nährlösungen. Die Säurebildung ist vielmehr für sie ein Schutz gegen andere Bakterien. Sie werden daher gegen Schluß der Röste mit *Bacterium coli* zusammen in ziemlichen Mengen vorhanden sein.

Eine Reihe von Milchsäurebakterien sondert in seinem Stoffwechsel Schleim ab, der mit anderen Kolloiden und den nicht vergorenen Pektinstoffen beim Trocknen, ganz besonders bei der schnell verlaufenden künstlichen Trocknung, Zellrückstände und Gewebeteile wieder fest mit der Faser verkittet und selbst durch energisches Ausschwingen nicht mehr zu entfernen ist.

Auffallenderweise sind bis jetzt im Röstwasser neben der Essig- und Buttersäure keine erheblichen Mengen Milchsäure gefunden worden. Allerdings sind die Angaben von Störmer, der allein das Röstwasser genauer daraufhin untersucht hat, nicht ganz zuverlässig, weil er nur altes Material zur Verfügung hatte, in dem weitere biologische Prozesse völlig veränderte Verhältnisse geschaffen haben können. Es ist nicht unbedingt nötig, daß in der Warmwasserbassinröste die Milchsäure in Erscheinung tritt. Denn selbst wenn sie trotz des Zusammenlebens der Milchsäurebakterien mit vielen anderen Arten der Nebenflora zur Entwicklung kommt, kann sie anderen Organismen wieder zur Nahrung dienen und in den Stoffwechsel hineingerissen werden.

Der Nährwert der Säuren ist entsprechend ihrer Zusammensetzung sehr verschieden. Günstig für Ernährungszwecke ist die Anwesenheit von Hydroxylgruppen in einer Säure, weshalb sich die Milchsäure geeigneter als die Propionsäure darstellt. Infolgedessen wird die Milchsäure wahrscheinlich auch in der Röste leichter ver-

arbeitet als die Essig- und die Buttersäure. Sehr häufig wird sie durch die Tätigkeit aërober und anaërober Erreger in buttersaurer Gärung zersetzt, wobei im Gegensatz zu anderen Säurezersetzungen nicht nur ein Abbau in kleinere Moleküle, sondern ein teilweiser Aufbau stattfindet. Unter den Erregern der Buttersäuregärung der Milchsäure finden sich auch Vertreter der *Amylobacter*-Gruppe. Spuren von Milchsäure hat auch Störmer im Wasser zu Anfang der Röste gefunden. Für die meisten Organismen ist es wesentlich, ob die Säuren an irgendwelche Basen gebunden in Form von Salzen vorliegen oder frei mit entsprechend saurem Charakter. Bakterien, welche das Salz der Säure bestens auszunützen wissen, werden von ihr in freier Form schon durch geringe Konzentrationen gehemmt. Solche Säuren sind also nur in starker Verdünnung eine Nährstoffquelle. Andererseits gibt es Organismen, die in vorzüglicher Weise der Tilgung von freien Säuren angepaßt sind wie die in keiner Röste fehlenden *Oidium*- und *Mycoderma*-Arten an Milchsäure. Da Säuren von ungünstigem Einfluß auf die Fasern sind, ist es wünschenswert, daß eine Säure, die sich bei der Trocknung des Röstflachs, besonders der künstlichen, nicht verflüchtigt, sondern in ihrer Gesamtheit auf der Faser niederschlägt, möglichst wenig in der Röste gebildet wird. Die Milchsäure ist eine stärkere Säure als die Essig- und Buttersäure und zeigt alle charakteristischen Eigenschaften bei höheren Konzentrationen noch schärfer als jene.

Nach Angaben von Beijerinck haben wir es in der Röste ganz vorwiegend mit Milchsäurekokken zu tun, die leicht zu beobachten sind und selbst noch auf der ausgeschwungenen Faser nachgewiesen werden. Sie treten in der Röstflüssigkeit, zwar weniger bei der Warmwasserbassinröste, am deutlichsten in Form von Kokken, Diplokokken und auch Streptokokken auf. Wegen ihrer Vielgestaltigkeit sind sie in der Literatur unter den verschiedensten Namen beschrieben worden. Wir können sie also in der Röstflüssigkeit neben Kokkenformen als regelrechte Stäbchen, Kurzstäbchen und Kugelbakterien vorfinden. Sie bilden Säuren sowohl bei Luftzutritt als ohne denselben.

Gerade diese Gruppe zeichnet sich durch Schleimbildung aus. Ihr Temperaturoptimum liegt bei 30—35° C.

Die aëroben Sporenbildner erzeugen mehr oder weniger widerstandsfähige Dauerformen. Sie gehören zusammen mit den anaëroben Sporenbildnern dem Genus *Bacillus* an. Unter sauerstoffarmen Verhältnissen wachsen sie kümmerlich. Aus Glukose bilden sie nur wenig Säure und entwickeln dabei kein Gas, können also nicht zu den Organismen gehören, die zu Anfang der Röste die von deutlicher Säurebildung begleitete Gärung hervorrufen. Obwohl hier eine ganze Reihe von Organismen genannt werden müssen, sind sie für die Warmwasserbassinröste doch nur von untergeordneter Bedeutung. Sie verschwinden um so mehr, je reiner man die Röste verlaufen läßt, trotzdem sich dann die Sauerstoffverhältnisse innerhalb der Flüssigkeit günstiger für sie gestalten. Die Ursache hierfür ist wohl darin zu suchen, daß die Kahlhaut an der Oberfläche der Röste, in welcher sie sich hauptsächlich aufhalten, bei genügender Wasserzufuhr gar nicht zur Ausbildung kommt. Ein Blick auf eine in vier Tagen zu Ende gehende Warmwasserbassinröste mit einem Flottenverhältnis von mindestens 1:20 und eine Kanalröste, durch die unverhältnismäßig viel mehr Flachs hindurchgeschickt wird, genügt, um den starken Unterschied zwischen den beiden Röstarten aufzuweisen. Ein Teil der aëroben Sporenbildner ist aber von besonderem Interesse für uns, weil sie die Fähigkeit besitzen, bei Anwesenheit der nötigen Mengen Sauerstoff zu rösten.

An erster Stelle sind die *Mesentericus*-Arten, Kartoffelbakterien, anzuführen. Sie gedeihen bei Sauerstoffabschluß nur schlecht, gehen dann schwer zur Sporenbildung über und sind daher, wenn wir sie in der Röstflüssigkeit aufsuchen, nicht wie die anaëroben Sporenbildner, an diesem Merkmale zu erkennen. Auch gehören sie nicht zu den Iogen- oder Glykogenbildnern und unterscheiden sich hierdurch von den auf diesem Wege mit Jod sehr leicht nachweisbaren Rösterregern.

Den *Mesentericus*-Arten in fast allen Eigenschaften sehr ähnlich ist der *Bacillus subtilis*, im täglichen Leben

Heubazillus genannt, der auch schon unter dem Namen *Bacillus mesentericus* beschrieben wurde. Im Gegensatz zu den *Mesentericus*-Arten findet er in der Röstflüssigkeit nur schwer sein Fortkommen und ist daher selten zu beobachten. An und für sich hat er große Neigung, auf wäßrigen Pflanzenauszügen, besonders auf Heuabkochungen, in ungeheuren Mengen an der Flüssigkeitsoberfläche zu erscheinen und dort eine dichte zusammenhängende, aus Zellen und abgesonderten Schleimstoffen bestehende Bakterienhaut, Kahlhaut, zu bilden. Bei Sauerstoffzutritt bildet er leicht und schnell ovale und sehr widerstandsfähige Sporen und ist an seinen kurzen dicken Stäbchen mit abgerundeten Enden, die in langen Zellketten aneinander hängen, ohne Schwierigkeit zu erkennen.

Zu erwähnen ist hier ferner der *Bacillus asterosporus* der wohl unter ähnlichen Bedingungen in der Warmwasserbassinröste aufzutreten vermag wie die vorher genannten aëroben Sporenbildner, mit denen er auch verwandt ist. Wenn einer aus dem Kreis der aëroben Bazillen unter günstigen Sauerstoffverhältnissen als Rösterreger bezeichnet werden muß, so ist es dieser. Auch bei ihm kann man von einer Reihe von Varietäten sprechen, die in einer Gruppe zusammengefaßt sind. Selbst unter anderen Namen aufgeführte Arten scheinen hierher zu gehören. Die Spezies *Bacillus asterosporus* ist im Erdboden allgemein verbreitet und ihre Mitwirkung bei der Zersetzung von Pflanzenstoffen, besonders der Pektinstoffe, bei Luftzutritt wahrscheinlich.

Allen Anzeichen nach spielt die formenreiche Gruppe des *Bacillus mycoides* auch eine Rolle bei der Röste, obwohl sie in der bakteriologischen Literatur über die Röstflora noch wenig angeführt wird. Am leichtesten läßt er sich unter den dem Schwungflachs anhaftenden Keimen nachweisen. Seine Entwicklung kann ebenso wie die der anderen aëroben Sporenbildner auf dem nassen Röstflachs vor der künstlichen Trocknung oder bei der natürlichen Trocknung draußen auf dem Felde eintreten. Er ist im allgemeinen sehr sauerstoffliebend, vermag aber auch bei Luftabschluß zu gedeihen.

Neben diesen Arten tritt häufig *Bacillus megatherium* auf, ein dickes, plumpes Stäbchen mit großen Sporen. Es lehnt sich in seinen Eigenschaften und Ansprüchen sehr nahe an *Bacillus subtilis* an, ist aber in der Röste leichter anzutreffen als dieser.

Die genannten fünf aëroben Sporenbildner gehören einem engen Verwandtschaftskreise an, lassen sich jedoch trotz aller übereinstimmenden Merkmale gut voneinander trennen. Eine scharfe Abgrenzung ist infolge der Veränderlichkeit der Eigenschaften natürlich nicht möglich. Daher finden sich häufiger zwischen den einzelnen Arten stehende Übergangsformen. Die gleichzeitige Anwesenheit aller Arten ist bisher noch nicht beobachtet worden. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Konkurrenz um so schärfer werden muß, je größer die Gleichartigkeit der Lebensbedürfnisse unter einer Reihe von Organismen ist. Es werden schon geringere Vorteile ausschlaggebend für das Obliegen einer Art sein. Viel sicherer ist die Anwesenheit verschiedener Organismen, die einander nicht nur nichts nehmen, sondern sich aufs beste ergänzen. Ihr gemeinsames großes Sauerstoffbedürfnis läßt es von vornherein als ausgeschlossen erscheinen, daß sie sich während der in der anaëroben Röste abspielenden Vorgänge gut entwickeln und wenn einige von ihnen Pektinstoffe kräftig zu zersetzen vermögen, so kann diese Eigenschaft in der Röste auf keinen Fall zur Geltung kommen.

In der biologischen Vorphase werden sie gehemmt durch die rasch wachsenden sauerstoffzehrenden Fluoreszens- und Coli-Arten, später verhindert sie der einsetzende Sauerstoffmangel an der Entfaltung ihrer Lebensäußerungen, zumal an der Pektinaseabscheidung, die Vorbedingung für Pektinzersetzung ist. Die Anhäufung von Säuren und anderen Stoffwechselprodukten, das außerordentliche Anwachsen der Mikroflora und nicht zuletzt der Kampf mit dem sich verschiedenen Sauerstoffspannungen gut anpassenden typischen Rösterreger, unserem *Bacillus amylobacter*, werden sie hintenanhalten. Selbst wenn bei größeren Sauerstoffmengen die aëroben Rösterreger neben den anaëroben zur Entfaltung kommen, wird

in dem Streit um ihren einzigen Nährstoff, die Pektine, stets derjenige Organismus die Oberhand behalten, welcher am stärksten Pektinase abscheidet. Die von *Bacillus amylobacter* erzeugte giftige Buttersäure trägt dazu bei, die aëroben Rösterreger zu unterdrücken. Erst wenn durch starke, dauernde Sauerstoffzufuhr sich die Bedingungen für den sauerstoffscheuen Organismus recht unerquicklich gestalten, werden die aërophilen die Hauptrolle beim Rösten spielen. Ein ergänzendes symbiotisches Verhältnis zwischen Anaëroben und Aëroben kann unter diesen Umständen nicht eintreten.

Die aëroben Sporenbildner lassen sich in der Röstflüssigkeit mikroskopisch kaum nachweisen, da sie hier nicht zur Sporenbildung kommen und die vegetativen Stäbchen unter der Menge anderer gleichartiger verschwinden. Nicht alles, was wir unter dem Mikroskop an Mikroben finden, ist noch in Tätigkeit und für den Stoffwechsel in der Röste von Bedeutung. Sporen und häufig Sporenmutterzellen mit reifen Sporen sind zeitlich, vielleicht für die ganze Röstdauer, außer Funktion gesetzt. Viele vegetative Formen sind stark geschwächt oder gealtert und unterliegen der Autolyse.

Ein direkter Nutzen dieser aëroben Bakteriengruppe ist nicht erkennbar. Ihr Platz wird viel besser von anderen aëroben und fakultativ anaëroben Organismen ausgefüllt. Sie können später auf der Faser, wenn diese durch Witterung oder unvorsichtiges Anfeuchten den Mikroben wieder Möglichkeit zur Entwicklung bietet, unter Umständen schädlich werden, da sie vermöge ihrer Röstfähigkeit die Faserbündel weiter zerlegen und zum Zerfall bis in die wertlosen, höchstens noch zur Papierfabrikation verwendbaren Einzelfasern bringen. Ihr häufiges Auftreten auf dem Schwungflachs ist auffallend. Vielleicht gelangen sie beim Ablassen des Röstwassers durch Niederschlagen der Kahmhaut auf das Röstgut.

Die letzte biologische Gruppe von Mikroorganismen der Bassinröste setzt sich zusammen aus typischen Vertretern

der an der Oberfläche der Röstflüssigkeit in üppigster Weise gedeihenden Mikroorganismen. Ihr großes Sauerstoffbedürfnis wird dadurch befriedigt, daß sie von oben her mit der Luft in ständiger direkter Berührung sind. Zwar kann der Sauerstoffdruck bei ruhig stehender Röste und fehlender Luftbewegung stark herabgesetzt werden, weil sich die aus dem Gärbottich dauernd aufsteigenden Mengen Kohlensäure infolge ihrer Schwere auf der Flüssigkeit lagern. Es werden aber durch die Bewegung, welche durch den Temperaturausgleich zwischen Luft und Wasser hervorgerufen wird, und durch die Diffusion der Gase genügende Mengen Sauerstoff herangeschafft, um jedem streng aëroben Organismus sein Fortkommen zu ermöglichen. Neben der Luftzufuhr ist die Darbietung von Nährstoffen durch die Röstflüssigkeit von wesentlichem Einfluß auf das Gedeihen dieser Mikroben. Es bleibt also für ein üppiges Wachstum dieser Kahlhautbildner nur die Grenze zwischen Luft und Nährflüssigkeit übrig, und wir sehen sie dort auf vielen Rösten eine dicke, voluminöse und lückenlos zusammenhängende Haut bilden. Aber nur bestimmte aërobe Organismen besitzen die Fähigkeit, sich an der Flüssigkeitsoberfläche zu halten, ohne auf den Boden des Behälters herabzusinken.

Die Entstehung der Kahlhaut fällt zeitlich meistens in den Schluß der Vorphase, das weitere Wachstum aber auch in die biologische Hauptphase. Zu den typischen Mikroben der Kahlhaut einer Röste gehören *Oidium lactis* und verschiedene hefeartige Organismen. Doch sind auch Bakterien ebenso stark in ihnen vertreten, und zwar nicht allein die streng aëroben, sondern gleichfalls die fakultativ anaëroben. Fakultativ anaërob bedeutet gerade, daß der Organismus, obwohl noch sehr gut bei Sauerstoffabschluß wachsend, doch unzweifelhaft besser unter aëroben Bedingungen gedeiht. Neben den aëroben finden sich aber auch anaërobe oder mikroaërophile Bakterien in der Kahlhaut. Ist diese erst einmal gut entwickelt, so haben wir auch hier sehr günstige Bedingungen für die Anaëroben der Röste.

Unter den Bakterien der Kahlhaut ist an erster Stelle das

fakultativ anaërobe *Bacterium coli* zu nennen, doch fehlen auch die sauerstoffliebenden Milchsäurebakterien und Fluoreszensarten nicht. Die aëroben Sporenbildner treten gegenüber diesen Bakterienarten gewöhnlich zurück. Zu den typischen Kahlhautbildnern zählen vor allem das *Oidium*, ferner *Mycoderma*-Arten, Hefen oder hefeähnliche Organismen, von denen die beiden letzteren sich zu Anfang der biologischen Vorphase auch lebhaft im Röstwasser entwickeln können.

Die Hefen der Röste absorbieren sehr energisch Sauerstoff und sind daher als Begleiter von anaëroben Bakterien von größter Wichtigkeit. Beijerinck hat sie schon benutzt, um leichter mit den in Reinkultur empfindlichen Röst-erregern arbeiten zu können. Bei zunehmendem Sauerstoffmangel und Anhäufung von Säuren verschwinden sie nach einiger Zeit. Gegen Buttersäure sind sie sehr empfindlich, an Milchsäure dafür ziemlich weitgehend angepaßt. Die freie Essig-, Butter-, Valeriansäure und deren Salze vermögen sie nicht zu assimilieren. Am besten vermehren sich die Hefen an der Oberfläche und bilden dort ausgedehnte Sproßverbände.

*Oidium* und *Mycoderma*-Arten halten sich seltener innerhalb der Röstflüssigkeit auf, wo ihnen der Sauerstoff fehlt. Namentlich das *Oidium* ist in der Kahlhaut außerordentlich stark verbreitet. *Oidium* und *Mycoderma*-Arten haben durchweg ein starkes Sauerstoffbedürfnis und reißen dieses aus ihrer Umgebung an sich. Die *Mycodermen* oder Kahlhefen, welche ihren Namen wegen ihrer großen Neigung, Decken auf Flüssigkeiten zu bilden, tragen, stehen ebenso wie *Oidium* den Hefen sehr nahe. Ihre große Fähigkeit, sich auf der Flüssigkeitsoberfläche anzusiedeln, sollen sie der Unbenetzbarkeit ihrer Zellen zu verdanken haben, die mit einer äußerst feinen Fettschicht umgeben sind. Infolgedessen haftet die Luft ihnen leichter an oder lagert sich zwischen den Zellen ein, sodaß sich die reich verzweigten Sproßverbände dauernd schwimmend erhalten können, obwohl das Mycel spezifisch schwerer als Wasser ist. Sobald eine Decke sich gebildet hat, werden auch die aus der unter ihr gärenden Röstflüssigkeit aufsteigenden Blasen von Kohlensäure und Wasserstoff, die sich in der Haut

mehr oder weniger fangen, tragen helfen. Das in großen Mengen erzeugte Kohlensäure- und Wasserstoffgas ruft die häufig bei Rösten zu beobachtenden hohen Aufwölbungen oder großen Blasen und Auftreibungen in der Oberfläche der Haut hervor. In anderen Fällen ist es mehr ein lockerer seifenartiger Schaum, der sich aus den stark verästelten Myzelverbänden und den abgesonderten Schleimstoffen bildet. Die Erzeugung von reichlichen Mengen Schleim in der Kahmhaut ist charakteristisch. Er stellt einen festeren Zusammenhang zwischen den Zellen und Zellverbänden her und kann durch Erhärten die bekannte zähe und derbe Beschaffenheit der Kahmhäute hervorrufen. An der Schleimbildung sind nicht nur die Mycodermen beteiligt, sondern ebenso häufig gewisse Hefearten oder Torulaceen, Oidien und Bakterien.

Die stark hautbildenden Torulaceen werden auch mit Schleimhefen bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den Mycoderma-Arten nur durch ihr mangelndes Gärvermögen und die Sporenbildung.

Das *Oidium lactis* kann auf dem Röstwasser einer ruhig verlaufenden Röste so stark auftreten, daß man mikroskopisch fast eine Reinkultur vor sich zu haben glaubt. Dies einseitige Wachstum von *Oidium* wird unterstützt durch seinen schädlichen Einfluß auf Hefen, die trotz ihrer guten Befähigung, unter denselben Bedingungen als Hautbildner aufzutreten, dann meist ganz fehlen. Auch ist *Oidium* gegen freie Buttersäure, die in größeren Mengen im Röstwasser vorhanden ist, weniger empfindlich als Hefe. Auf älteren Kahmhäuten bildet es graue oder rein weiße, schimmelartige, filzige Überzüge, indem es reichlich verästelte Lufthyphen erzeugt, die nachher in die für den Organismus so bezeichnenden Oidien zerfallen.

Obwohl sich manche Bakterien an der Hautbildung beteiligen, sind sie an sich hierzu trotz ihres starken Luftbedürfnisses nicht befähigt. Erst die von anderen Organismen gebildete schleimige Haut gibt ihnen den nötigen Halt an der Oberfläche. Im übrigen werden immer wieder Bakterien durch die aufsteigenden Gasblasen aus der Tiefe der Röstmassen mit emporgerissen. Eine gleichmäßige, dichte,

geschlossene Kahlhaut ist auf den Rösten schwer zu beobachten, obwohl sie sich nach dem Aufreißen durch Platzen der Gasblasen und Bewegung im Wasser unter sonst günstigen Umständen leicht wieder zusammenschließt.

Von der Unterseite der Kahlhaut lösen sich während der Röste kleine Bestandteile schon bei ganz ruhiger Gärung ab und senken sich nach unten. Deshalb treffen wir Organismen, die sich nur in der Haut vermehren, auch in der Röstflüssigkeit an. Dort stellen sie ihre Lebenstätigkeit aber bald ein und sind an den Stoffumsetzungen nicht beteiligt. Von Mycodermen ist bekannt, daß sie sich in der Tiefe der Gärflüssigkeit noch lange am Leben erhalten und sogar noch Sprossungen zeigen. Da die Zellen hierbei gezwungen sind, Inhaltsbestandteile und aufgespeicherte Reservestoffe zu veratmen, verringern sie ihr spezifisches Gewicht und werden infolgedessen umso leichter durch die aufsteigenden Gärgase wieder emporgewirbelt und in der Flüssigkeit schwebend erhalten. Solcher Aufenthalt von Organismen in der Röstflüssigkeit beweist, daß man von ihrer Anwesenheit noch nicht auf ihre Tätigkeit schließen darf. Die Kahlhautorganismen sind von Wichtigkeit für die Säurezehrung in der Röstflüssigkeit.

Neben den erwähnten großen Gruppen der Nebenflora in der biologischen Vor- und Hauptphase der Röste finden sich dort noch eine Reihe von Organismen, die für das mikrobielle Leben an und für sich gleichgültig sind. Einzelne derselben sollen hier nur kurz erwähnt werden, weil ihr Vorhandensein zur Erklärung allgemeiner biologischer Zusammenhänge in der Warmwasserbassinröste und zum Vergleich anderer Rösten dienen kann.

An erster Stelle sind hier Pilzkeime anzuführen, die sich schon in der physikalischen Phase häufiger nachweisen lassen. Wir wissen, daß den Stengeln der Faserpflanzen außer den Keimen der Nebenflora Rösterreger und Taurösterreger anhaften. Unter den Pilzen sind es vor allem *Mucor*-Arten, die bei der Tauröste in Tätigkeit treten. Ebendieselben finden sich auch in den ersten 24–48 Stunden in der anaëroben Wasserröste. Später verschwinden sie

völlig. Der Grund dafür liegt zweifellos in dem Sauerstoffmangel, an den sich die an ein Leben in freier Luft gewöhnten Pilze nicht zu gewöhnen vermögen. Das allererste, ziemlich zahlreiche Auftreten rührt nicht von einer anfänglichen Vermehrung des Pilzes her, sondern vielmehr von den zu vielen Tausenden in den Sporangien erzeugten Sporen, welche in der Flüssigkeit in Freiheit gelangen und sich gleichmäßig verteilen. Die Bedingungen der gewöhnlichen Wasserröste schließen aber die Mitwirkung taurösterregender Pilze aus, obwohl sie der Zersetzung von Pektinstoffen weitgehend angepaßt sind. Umgekehrt spielen während der Tauröste die Bakterien eine untergeordnete Rolle, wenn auch eine Anzahl Aërober wohl geeignet wäre, die Tauröste schneller und glatter durchzuführen. In der Röste treten weiter selbst noch gegen Ende unsere gewöhnlichsten Schimmelpilze, *Aspergillus* und *Penicillium*, auf. Häufig sind die Verunreinigungen der Luft, siedeln sich auf der Wasseroberflächen an und vermehren sich dort, bleiben aber innerhalb der Röstflüssigkeit ohne Bedeutung trotz ihrer Fähigkeit, Pektinstoffe zu lösen.

Solange in der Röste noch günstige Sauerstoffverhältnisse vorliegen, finden sich in der Flüssigkeit Organismen, die an Größe den Bakterien bis zum Hundertfachen überlegen sind und sich mit Hilfe deutlich sichtbarer Geißeln oder Wimpern durch das Wasser fortbewegen. Es sind dies einzellige, zum Tierreich gehörige Lebewesen, Protozoen, die sich nicht von pflanzlichen Substanzen, sondern zur Hauptsache von Bakterien ernähren. Bei der großen Anzahl von Keimen schon vor Beginn einer Trübung in der Röstflüssigkeit bleibt der Einfluß der Protozoen auf die Entwicklung der Röstflora belanglos. Unter Einwirkung des Sauerstoffmangels und der sauren Stoffwechselprodukte der Bakterien, die ihnen ein weiteres Fortkommen unmöglich machen, bilden auch diese kleinen Lebewesen widerstandsfähige Dauerformen, indem sie sich mit einer derben Membran umgeben, und sinken zu Boden. Man kann also aus dem Vorkommen und Verschwinden der Protozoen auf gewisse Vorgänge in der Röste schließen.

Nach diesem Überblick über die bei der Warmwasserbassinröste auftretenden Organismengruppen und ihre Wirkungsweise müssen wir noch einmal von der biologischen Phase im allgemeinen sprechen.

Störmer führt die von ihm gefundene starke Abnahme der Keimzahl gegen Ende der Röste auf Säurebildung zurück. Seine Untersuchungen konnten jedoch nur an altem Röstwasser ausgeführt werden und bedürfen deshalb wohl der Nachprüfung. Besonders biologische Veränderungen des Materials durch längeres Stehen sind dabei zu berücksichtigen. Zweifellos werden Säuren die empfindlicheren Organismen bald verdrängen. An ihrer Stelle machen sich aber widerstandsfähigere Bakterien in demselben oder in noch viel beträchtlicherem Maße breit. Für diese kann man die Säuren als Waffe gegen andere Organismen auffassen, mit deren Hilfe sie sich behaupten und immer mehr anhäufen vermögen, solange die sonstigen Bedingungen sich nicht ändern. Namentlich wird das leicht vergärbare Material einer so dünnen Nährlösung, wie wir sie in der Auslaugeflüssigkeit der Röste vor uns haben, ohne Schwierigkeit unter lebhafter Vermehrung der säurewiderstandsfähigen Organismen zersetzt. Finden doch die eigentlichen Rösterreger zu Beginn der zweiten biologischen Phase überhaupt erst ihre günstigsten Entwicklungsbedingungen, wenn durch die Vergärung der leicht zersetzbaren Stoffe bereits eine ganz erhebliche Säuerung der Röstflüssigkeit durch die Organismen der Vorflora stattgefunden hat. Säurebildung braucht also durchaus nicht mit einer Abnahme der Keimzahl verbunden zu sein.

Tabelle I

| Nährboden      | Die Keimzahl pro cem der Röstflüssigkeit einer Warmwasserbassinröste nach |            |            |            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
|                | 1 Stunde                                                                  | 25 Stunden | 49 Stunden | 73 Stunden |
| Bouillionagar  | 64000                                                                     | 4 300 000  | 5 000 000  | 33 000 000 |
| Möhrensaftagar | 130000                                                                    | —          | 8 500 000  | 75 000 000 |

In Untersuchungen, bei denen in höchstens zweistündiger Frist nach der Probenahme jedesmal das Material einer Warmwasserbassinröste zur Verarbeitung gelangte, wurde festgestellt, daß die Zahl der aeroben und fakultativ anaeroben Organismen bis gegen Ende der Röste zugenommen hatte (Tab. I).

Die Röste war gleich der von Störmer benutzten in drei Tagen beendet, und doch sieht man gleichmäßig auf zwei ganz verschiedenen Nährböden eine starke Zunahme der Mikroben bis zum Schluß. Das stärkste Anwachsen der Zahl wird sogar erst am letzten Tage erreicht, ein Zeichen, daß trotz starker Säuerung der Flüssigkeit und Anhäufung von Stoffwechselprodukten an ein allgemeines Absterben der Organismen nicht zu denken ist. Die mit den beiden Agarsorten erzielten Werte ergänzen sich und bilden eine Kontrolle für einander. Auf Möhrensaftagar wächst durchschnittlich ungefähr das Doppelte an Keimen wie auf eiweißreichem Bouillonagar, offenbar, weil wir es in der Röste mit herbivoren Bakterien zu tun haben, d. h. solchen, die bei Ernährung mit pflanzlichen Stoffen besser gedeihen. Der Hauptorganismus unserer Warmwasserbassinröste, *Bacterium coli*, ist aber ein ausgesprochen multivorer Organismus, da er sowohl auf tierischen als auch auf pflanzlichen Stoffen in ungeheurer Zahl auftreten kann. Seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und sein lebhaftes Wachstum auch noch unter anaeroben Verhältnissen bedingen, daß er zu Anfang und zu Ende der Röste einen ziemlich gleichmäßig hohen Prozentsatz der Keimzahl ausmacht und dadurch der Unterschied auf den beiden Nährböden nicht noch größer erscheint.

Die gefundenen Ziffern bringen nur ziemlich unsichere Annäherungswerte, geben aber immerhin über manche Fragen Aufschluß. Vor allem tritt in den wiedergegebenen Zahlen absolut nicht die Gesamtheit der obligat anaeroben Bakterien auf. Sie wird in Wirklichkeit mit dem Fortschreiten der anaeroben Bedingungen in der Röste zunehmen und am letzten Tage, wo die anaeroben Rösterreger sich auf und in dem Flachs massenhaft vermehren, ungeheuer anwachsen. Die große Menge der Keime ist aber nicht von Vorteil für

den Röstvorgang. Nach unseren heutigen Kenntnissen kann man behaupten, daß, je reiner die Röste verläuft und geringer die Zahl der Nebenorganismen ist, sie um so rascher und besser arbeitet.

Von einem gewissen Prozentgehalt Feuchtigkeit an ist mit Lebewesen angereichertes Material stets in Gefahr, schneller oder langsamer starken Veränderungen zu unterliegen. Damit ist auch der Widerspruch zwischen den Resultaten von Störmer und den eigenen zu erklären. Es ist daher nutzlos, Röstwasser zu chemischen oder biologischen Untersuchungszwecken zu versenden. Hier liegen auch die Gründe, weshalb angefeuchteter Schwungflachs sehr bald verdirbt. Selbst fertige Gewebe, nicht bloß die aus Flachs und Hanf, werden durch Nässe und Schmutz, die den Mikroben zur Ernährung dienen, in Mitleidenschaft gezogen.

Die erste in der biologischen Vorphase erkennbare, durch Bakterientätigkeit hervorgerufene Umsetzung ist der Abbau der Glukose und anderer Zuckerarten sowie der glukosidartigen Gerbstoffe, die in Glukose und den für Bakterien unverwendbaren Gerbstoffkörper zerfallen. Außerdem kommen noch unbedeutende Mengen anderer löslicher Kohlehydrate, Glukoside, etwas Pektinstoffe und höchstwahrscheinlich auch lösliche Eiweißstoffe zur Verarbeitung. Gleichzeitig mit der Bakterientätigkeit setzt die Säurebildung ein, die von dem Röster durch Eintauchen eines blauen Streifens Lackmuspapier, das sich in solchem Falle rötet, festgestellt werden kann. Die Veratmung der organischen Stoffe geht, wenn beschränkte Mengen Sauerstoff zur Verfügung stehen, nur zu einem Teile bis zur Bildung von Kohlensäure und Wasser vor sich. Meist führen die von Mikroben bewirkten chemischen Umsetzungen nur bis zu den unerwünschten organischen Säuren.

In der biologischen Vorphase überwiegt die Essigsäure, eine flüchtige Fettsäure, weniger sind Milch-, Ameisen-, Valerian- und Buttersäure zu finden. In der Warmwasserbassinröste tritt bei normalem Flottenverhältnis die Buttersäure vorwiegend mit

Beginn der biologischen Hauptphase als charakteristisches Stoffwechselprodukt der Rösterreger auf. Die Milch-, Ameisen- und Valeriansäure wurden auch dann, wenn überhaupt, nur in geringen Mengen nachgewiesen. Obwohl sie unter Kohlensäurebildung weiter vergoren werden können, nimmt die Gesamtmenge der Säuren mit steigendem Sauerstoffmangel zu. Bei den zuerst einsetzenden Gärungen wird der im Wasser als Gas gelöste Sauerstoff schnell verbraucht und zwar in der Warmwasserröste eher als in der Kaltwasserröste. Die Ursache hierfür liegt einmal in dem schnelleren Verlauf der physikalischen und biologischen Vorphase, ferner aber auch in den geringeren Mengen Sauerstoff des warmen Wassers. Folgende kleine Tabelle mag eine Übersicht über die bei verschiedenen Temperaturen im günstigsten Falle vorhandenen Sauerstoffmengen des Wassers geben.

Tabelle II

| Temperatur | Sauerstoff | Stickstoff | Zusammen  |
|------------|------------|------------|-----------|
| 10°        | 7,87 ccm   | 14,97 ccm  | 22,84 ccm |
| 15°        | 7,04 „     | 13,51 „    | 20,55 „   |
| 20°        | 6,36 „     | 12,32 „    | 18,68 „   |
| 25°        | 5,78 „     | 11,30 „    | 17,08 „   |
| 30°        | 5,26 „     | 10,38 „    | 15,64 „   |

Gasmenge in 1000 ccm Wasser, welches bei normalem Barometerstand (760 mm) mit Luft gesättigt ist.

Gegenüber der Temperatur von 10° C, die in fließender Kaltwasserröste wohl erreicht werden kann, beträgt die Sauerstoffabnahme im Wasser der Warmwasserröste bei ziemlich niedrig gerechneter Temperatur schon 33%. Das übrige im Wasser enthaltene Gas besteht aus Stickstoff, der völlig indifferent und für die biologischen Vorgänge der Röste unwesentlich ist. Die in einem Liter verfügbaren geringen Sauerstoffmengen würden für die aërophilen Mikroorganismen in Anbetracht ihrer außerordentlichen Kleinheit noch verhältnismäßig lange ausreichen. Doch wird der Sauerstoff durch dauernde Erzeugung von Kohlensäure und späterhin Wasserstoff bei Emporsteigen der Blasen der Flüssigkeit entrissen. Zu Anfang des biologischen Teiles kann die aus dem Stengellinnern austretende Luft Sauerstoff an das Röst-

wasser abgeben. Aber auch diese Quelle versiegt bald, und dann herrschen Verhältnisse, unter denen den obligat aeroben Bakterien ein Fortbestehen unmöglich wird; für die eigentlichen Anaeroben sind aber von diesem Augenblick an die besten Vermehrungsbedingungen geschaffen. Nachdem die Gärungen einmal soweit fortgeschritten sind, ist eine Sauerstoffzufuhr von außen her nicht mehr von Bedeutung, denn die jetzt zu Millionen in jedem Kubikzentimeter anwesenden vorwiegend fakultativ anaeroben Keime würden ihn sofort an sich ziehen. Die Bildung einer Kahlhaut gestaltet den Luftabschluß noch sicherer. Unser anaerober Rösterreger ist aber in seiner natürlichen Umgebung durchaus nicht so sauerstoffscheu, wie vielfach angenommen wird. Geringe Sauerstoffmengen scheinen seine Entwicklung und Tätigkeit im Gegenteil zu fördern und die Röste zu begünstigen.

Obwohl die Säurebildung während der ganzen Dauer der Röste vor sich geht, fällt ihr erstes stärkeres Auftreten zeitlich mit der Zersetzung der leicht vergärbaren Substanzen in der Vorphase zusammen. Daraus ergibt sich, daß durch ein praktisches Auslaugeverfahren die aus dieser Quelle stammende Säurebildung in der Röste unschwer vermieden werden kann.

Die biologische Vorphase erreicht ihr Ende mit dem Verschwinden der letzten Mengen von Zuckerarten und anderen leicht vergärbaren Stoffen. Sie läßt sich nicht scharf von der Hauptphase abgrenzen, da deren Beginn nicht immer genau mit dem Augenblick zusammenfällt, wo die Fehlingsche Lösung reduzierenden Substanzen verschwunden sind, sondern im allgemeinen etwas später liegt. Er nähert sich ihm aber, je mehr die Röste in normalen Bahnen verläuft. Auch das Verhältnis der Wasseroberfläche zur Tiefe des Röstbehälters spielt eine Rolle.

Andererseits vermag allerdings zeitlich und biologisch ein sehr weiter Raum zwischen diesen beiden Abschnitten zu liegen. Es ist erklärlich, daß die multivoren oder die im ganzen an viel allgemeinere Bedingungen angepaßten Organismen zum Teil abgewirtschaftet haben müssen, bevor

die spezifischen Organismen an die Reihe kommen, denen sie in ihrem Fortkommen hinderlich sind. Tabelle I zeigt die ganz besonders schnelle Vermehrung der Organismen der Vorflora während der ersten 24 Stunden. Danach tritt ein auffallender Stillstand für den nächsten Tag ein, um zuletzt wieder einen großen Aufschwung zu nehmen. Wir haben es also mit zwei Höhepunkten der Entwicklungskurve für die bei Sauerstoffanwesenheit wachsenden Bakterien zu tun. Einer fällt in die ersten 24 Stunden und ist auf die Vergärung der ausgelaugten leicht zersetzlichen Substanzen zurückzuführen, auf das vorläufige Fehlen von Säuren und wohl auch auf die anfänglich noch vorhandenen Sauerstoffmengen, welche den aëroben und fakultativ anaëroben Bakterien besonders dienlich sind. Der Mangel an günstigen Nährstoffen, die eingetretene erheblich saure Reaktion und das Fehlen des Sauerstoffes verursachen die Hemmung in der Entwicklung der Vorflora. In diese Zeit, bevor die Kurve zum zweiten Male wieder ansteigt, also auf den zweiten Tag, wäre der Beginn der Vermehrung unserer Röstbakterien zu legen.

Gleichzeitig mit den Rösterregern kommt eine neue Begleitflora auf, die, wie ihr Anwachsen bis zum Schluß der Röste zeigt, gegen organische Säuren und gegen den jetzt empfindlichen Sauerstoffmangel gleichgültig ist und auch mit Nährstoffen anderer Art sehr gut auszukommen vermag. Wir sehen sich hier deutlich metabiotische Vorgänge abspielen, von denen die Entwicklung der Rösterreger und die Pektinstoffgärung abhängig sind. Die Kenntniss solcher metabiotischen Verhältnisse ist für den Theoretiker wie für den Praktiker von großer Bedeutung, wenn er Erfolg bei seinen Versuchen haben will. Ein einzelner Vorgang läßt sich im großen nicht nachahmen, er bleibt stets in Zusammenhang mit voraufgehenden und nachfolgenden anderen biologischen Erscheinungen.

Biologische Hauptphase. Die Stoffe, welche der in der biologischen Hauptphase auftretenden Begleitflora zur Nahrung dienen, sind entweder solche, die infolge ihres

geringeren Nährwertes von den gewöhnlichen Bakterien unberührt bleiben, oder schwerer angreifbare, die solange geschützt sind, wie noch andere von der Mikroflora verwendbare Stoffe vorliegen. Andererseits können aber auch aus der biologischen Vorphase herrührende halbvergorene Stoffe, organische Säuren oder weniger auffallende Stoffwechselprodukte als gute Nährquelle dienen. Genau läßt sich die Trennung der Stoffe, die während der biologischen Hauptphase umgesetzt werden, von den vorher vergorenen nicht durchführen. Denn diese können im Stoffwechsel sofort wieder zur Verwendung gelangen, und auch die während der biologischen Vorphase erhalten gebliebenen Substanzen, wie Stärke, Pektinstoffe und unlösliche Eiweißstoffe, bleiben vor ihrer eigentlichen Vergärung nicht restlos verschont. Was von der in wärmerem Wasser leichter löslichen Stärke und von Pektinstoffen in Lösung gegangen ist, wird wohl von der Vorflora, zu der im Grunde auch schon der Rösterreger gehört, da er sich in ihr bei der Untersuchung des Röstwassers nachweisen läßt, ebenso wie die löslichen Eiweißstoffe abgebaut werden.

Der Beginn der Hauptphase wird durch Einsetzen der Pektingärung erkennbar. Noch bevor eine stärkere Entwicklung der Rösterreger auf und in den Flachsstengeln auf mikroskopischem Wege nachzuweisen ist, macht sie sich durch deutlichen Buttersäuregeruch bemerkbar, der durchdringend und ekelerregend ist. Beim Herausziehen einzelner Stengel läßt sich schon an ihrem Geruch das Eintreten der Pektingärung feststellen. Fehlt dieser, so kann man sicher sein, daß das eigentliche Rösten der Faserstengel noch nicht begonnen hat. Trotzdem ist die Buttersäure nicht unbedingt ein Zeichen der Pektingärung, wenn sie auch bei der schnell und sicher verlaufenden Warmwasserbassinröste und anderen, die nicht durch Verschmutzung leiden können, fast immer als Beweis für die Anwesenheit und Tätigkeit der Rösterreger gelten kann.

Durch Brechen des Stengels und Ablösen des Faserbandes kann man den Beginn und das Fortschreiten der Röste beobachten. Will diese trotz Gegenwart von Buttersäure nicht eintreten, so liegt ein

Fehler in der Röste vor, der je eher desto besser behoben wird. An gut geröstetem Flachs ist bei Beendigung der Röste der Geruch so charakteristisch, daß er sich leicht von dem säuerlichen Geruch während der biologischen Vorphase unterscheiden läßt.

Während des biologischen Teiles der Röste werden durch die Atemtätigkeit der Mikroorganismen dauernd große Mengen Kohlensäure erzeugt. Die aëoben und die fakultativ anaëoben Bakterien veratmen das zur Verfügung stehende Material unter Verbrauch von Sauerstoff, während die letzteren und die streng anaëoben, wenn ihnen kein Sauerstoff mehr zu Gebote steht, auch ohne diesen Atmung zeigen. Bei ihrem Stoffwechsel treten ebenfalls sauerstoffreiche Verbindungen, wie Kohlensäure, auf, zu deren Bildung der nötige Sauerstoff entweder aus den vorliegenden Verbindungen entnommen wird oder bei den mikroaëophilen, zu denen unser Röstbakterium gehört, aus den vorhandenen Spuren freien Sauerstoffes. Dafür werden bei solcher Atmung reichliche Mengen sauerstoffarmer oder sauerstofffreier Stoffe, sogenannte reduzierende Substanzen, gebildet, die Sauerstoff aufzunehmen vermögen.

Die Buttersäure ist eine viel sauerstoffärmere Verbindung als die Zuckerarten, die Stärke oder die Pektinstoffe, aus denen sie durch Abbau entstehen kann und auch als die Milchsäure, welche durch Aufbau wieder zur Buttersäure wird. Unter den sauerstofffreien Stoffen der anaëoben Gärung fällt vor allem das Wasserstoffgas auf, das ein starkes Reduktionsvermögen besitzt und dessen Sauerstoffverbindung das Wasser ist. Bei der anaëoben Pektingärung haben wir es daher vorwiegend mit Buttersäure und Wasserstoff zu tun. Daneben werden andere Säuren, wie Essig- und Valeriansäure erzeugt. Da die genannten Stoffe nicht einer völligen Verbrennung, mit welcher die Atmung zu vergleichen ist, unterliegen, werden entsprechend geringere Mengen Kohlensäure entwickelt. Dafür treten um so mehr Wasserstoffblasen auf. Die beiden Gasarten lassen sich in der Röste nicht ohne weiteres unterscheiden, weil sie meist in engem Gemisch miteinander auftreten. Chemisch würde die Kohlen-

säure Kalkwasser trüben und der Wasserstoff durch Brennen an der Luft zu erkennen sein. Die an der Wasseroberfläche verweilenden Bläschen fördern die Kahmhautbildung.

Von dem Augenblick an, wo die allgemeinen Existenzbedingungen für die Rösterreger günstig werden, verbreiten und vermehren sie sich außerordentlich schnell. Der Übergang von ihrem mit Jod kaum nachweisbaren Auftreten in und auf den Stengeln bis zu ihrer Anhäufung ist um so plötzlicher, je reiner und ungehinderter die Röste verläuft. Einmalige Wassererneuerung, langsamer Wasserdurchfluß, aber auch geringer Zusatz bestimmter alkalischer Stoffe wirken günstig ein. Die Röstbakterien machen sich überall breit, wo sie die ihnen in hohem Maße zusagenden Pektinstoffe im Stengel antreffen, und zwar nicht nur in der unmittelbaren Umgebung der Bastfasern, sondern meist auch im Hohlraum des Markes. Hier werden die zarten parenchymatischen Gewebe bis an den Holzkörper heran in eine strukturlöse, schleimige Masse verwandelt. Merkwürdigerweise kommen die Rösterreger mitunter auch in den dickwandigen Zellen des Holzkörpers einzeln oder zu dichten Knäueln zusammengeballt vor. Über die Bedeutung ihres Auftretens hier und im Markzylinder, das mit der Frage des Eindringens und der Wanderung der Bakterien im Stengel sich vielleicht in Zusammenhang bringen läßt, ist Näheres noch nicht bekannt.

Anfänglich sind die Röstbakterien eher in größerer Anzahl im Parenchymgewebe unter der Epidermis zu finden, bei fortgeschrittener oder fertiger Röste besonders stark auf der Innenseite des Bastfaserringes. Man meint hierin ein Zeichen für ihr Eindringen von außen her zu erblicken. Die Organismen rösten also in dem gesamten Grundgewebe, soweit dasselbe in seinen Membranen Pektinstoffe ohne Durchdringung von Holzstoff enthält. Trotzdem sind die allerdings stark zusammengefallenen und bei der späteren mechanischen Verarbeitung zusammengedrückten Schichten der äußeren Rindenteile häufig noch als Inkrusten auf der fertigen Faser des Schwungflachs zu finden, während die Faser auf der Innenseite fast stets rein oder doch wenigstens nicht von größeren

Gewebeteilen behaftet ist. Es fällt demnach den Rösterregern ihre Tätigkeit auf der Innenseite des Bastfaserringes viel leichter als in der Außenrinde, wie auch ihre besonders große Verbreitung und Anhäufung dort zum Schluß der Röste beweist. Das allgemein zartere, durch den kambialen Zuwachs entstandene Gewebe, aber auch die Art der Pektinstoffe oder andere günstig wirkende, aus dem Kambium herrührende Stoffe mögen die Ursache zu der weitergehenden Zerstörung der Gewebe sein. Die gerade in den jungen Gewebeteilen vorliegenden größeren Mengen leicht zugänglicher Eiweißstoffe werden nicht nur günstige Nährstoffquellen sein, sondern auch durch die Abspaltung von Aminogruppen neutralisierend auf die von den Rösterregern durch die Pektinstoffzersetzung erzeugte freie, für Bakterien giftige Buttersäure wirken.

Selbst bei Übertreibung der Röste ist noch ein großer Teil der Pektinstoffe im Röstflachs vorhanden, wovon man sich durch mikrochemische Reaktionen leicht überzeugen kann. Störmer gibt die Zerstörung der Pektinstoffe während der Röste mit 57,85 % an. Zu einem nicht geringen Teil entfällt der Rest auf die in den Mittellamellen der Bastfasern durch die Verholzung geschützten Pektinstoffe, deren Zerstörung sorgfältigst vermieden werden muß. Es genügt auch für eine gute Röste, wenn das Grundgewebe, in dem die Bastfasern verlaufen, soweit zerstört oder aufgelöst wird, daß die Faser nach starkem Trocknen beim Brechen, Schwingen und Hecheln von den holzigen Bestandteilen und denen des Grundgewebes befreit werden kann. Das Anhaften von Holz an der Faser, die bekannte Klebschebigkeit, ist mehr oder weniger auf eine zu schwach ausgeführte oder fehlerhafte Röste zurückzuführen. Allerdings können die Ursachen hierfür auch in der Flachssorte liegen.

Eine zu früh abgebrochene Röste, in der die Röstbakterien das die Fasern umgebende Grundgewebe noch nicht ausreichend zermürbthaben, ist ebenso schädlich wie eine nicht rechtzeitig unterbrochene. Bei ersterer wird die Faser bei der Befreiung von den überflüssigen und störenden Bestandteilen

durch scharfe, mechanische und chemische Einwirkungen leiden, im zweiten Falle haben die Enzyme der Bakterien die Pektinstoffe der Fasern selbst schon angegriffen. Der Praktiker nennt diese Erscheinung *Überröste* und fürchtet sie sehr, da sie ihm sein ganzes Röstgut wertlos machen kann oder ihm doch unverhältnismäßig viel Werg liefert. Eine gewisse Zeit bleiben die in den Mittellamellen der Bastfasern ruhenden Pektinstoffe immer vor den Angriffen der Bakterien bewahrt, doch viel länger als unter normalen Verhältnissen, wenn mit starkem Auslaugen oder ganz besonders mit langsamem Durchfluß von Wasser bei der Röstegearbeitet wird. Das Prinzip des Röstens besteht darin, die die Bastfasern zusammensetzenden zahlreichen Zellen in möglichst festem Zusammenhange zu halten, das umliegende Gewebe aber so weitgehend wie möglich in seinem Zellverbände zu lockern.

Man kann von einer Kunst des Röstens sprechen, wenn man bedenkt, wie verschieden groß die Erfolge des Rösters in kleinen, für eigenen Bedarf röstenden Landbetrieben und großen Anstalten sein können, je nachdem in welcher Weise er den Gang der Röste beeinflusst und gelenkt hat. Das Rösten läßt sich durch viele Maßnahmen auf eine hohe Stufe bringen, so daß sich niemand beklagen darf, wenn er keine befriedigenden Resultate beim Rösten erzielt. Man braucht bloß die ausgezeichneten Erfolge gewisser mustergültig geleiteter Röstanstalten in Betracht zu ziehen, um einzusehen, mit welch verhältnismäßig einfachen Mitteln sich schon außerordentlich viel Ersprießliches erreichen läßt. Überlegung und etwas Einsichtnahme in die biologischen Verhältnisse des Röstvorganges genügen, um jedem den richtigen Weg für seinen Betrieb zu zeigen.

Der in chemischen Stoffen gebundene Energievorrat, der nach Wärmeeinheiten, Kalorien, gemessen werden kann, wird durch Vermittlung der Bakterien bei den Gärungserscheinungen oder Atmungsvorgängen manchmal in nicht unbedeutendem Maße direkt in Wärme umgesetzt. Wir kennen in der Mikrobiologie manche solcher Vorgänge, wie die Selbsterwärmung von feuchten Heuhaufen. Die Erscheinung macht sich in der Röste in geringerem Maße geltend, da die veratmeten Stoff-

mengen im Verhältnis zu der zu erwärmenden Röstmasse sehr gering sind, lohnt aber immerhin ihre Ausnutzung. Durch gut isolierende Wandungen der Röstbassins, noch mehr aber durch ihr Überdecken mit Laken oder Brettern kann viel Wärme gespart werden, besonders bei Warmwasserbassinrösten im Freien, die während der Nächte sich stark an der Oberfläche abkühlen. Man kann so in der Röstmasse eine gleichmäßige Temperatur zwischen oberen und unteren Teilen sichern und die Temperaturschwankungen während der Röstdauer auf ein geringeres Maß herabdrücken.

Die Wärmeerzeugung sowohl wie alle anderen von Bakterien hervorgerufenen Erscheinungen kommen erst zum Ausdruck durch die ungeheure Menge der dabei tätigen Organismen. Wo sie nicht in Massen auftreten, sieht der Mensch auch keine Wirkung. Sowohl die Fortschaffung der leicht vergärbaren Stoffe vor der eigentlichen Röste als auch die Zerstörung der Pektinstoffe selbst kann nur durch die ungeheure Zahl der Keime geschaffen werden. Da es bei der Röste letzten Endes auf die Zerlegung der Pektinstoffe ankommt, muß uns daran gelegen sein, die Vermehrung der Pektinstoffzehrer in den Vordergrund zu schieben, ohne aber ihre Vergesellschaftung mit anderen Organismen, die Vorbedingung für ihre Entwicklung ist, ganz außer Acht zu lassen.

In Laboratoriumsversuchen kann man wohl mit Reinkulturen des Rösterregers bei Sauerstoffausschluß rösten. Aber durch Ansammlung von Stoffwechselprodukten, unter denen die Säuren eine große Rolle spielen, geht die Röste nicht vonstatten, wenn man mit demselben Flottenverhältnis wie in der Praxis arbeitet. Erst durch Zusatz von Kalk, der die Säuren bindet, erreicht man Fortschritte, ohne jedoch auch jetzt ganz zum Ziele zu kommen. Es müssen also weitere schädliche Bedingungen vorliegen, die sich beim gewöhnlichen Rösten, wo alle Organismengruppen zusammenwirken, nicht zeigen. Man ersieht hieraus wieder einmal die wichtige Bedeutung der Symbiose. Hemmungen und Schädigungen erfolgen aber auch unter natürlichen Verhältnissen, wenn zu

viel Flachs in zu wenig Wasser zum Rösten gebracht wird. Dann häufen sich derartig große Mengen schädlich wirkender Stoffwechselprodukte an, daß die Wirkung der Nebenflora nicht mehr zur Geltung kommt. Das Ende der Röste kann sich um das vier- bis sechsfache hinausschieben, wenn es überhaupt eintritt, bevor auch die Faser verdorben ist. Durch Neutralisieren kann wohl ein Teilerfolg, aber nicht der Zustand einer normalen Röste erreicht werden. Auf die Mitwirkung der Begleitorganismen kann man also bei der Röste nicht verzichten.

Die Tätigkeit der Nebenorganismen kommt in der Hauptsache im Röstwasser zur Geltung. Innerhalb der Stengel und auf der Faser treten neben den Rösterregern anscheinend nur wenige Begleitorganismen auf. Bloß wenn das Röstwasser mit Auslaugestoffen und deren Umsetzungsprodukten zu sehr angefüllt ist und dadurch auch die Flüssigkeit im Stengel selbst, kommen sie hier zur Erscheinung und unterdrücken entsprechend den Rösterreger. Daß dann die Röste nur langsam fortschreiten kann oder zum Stillstand kommt, ist begreiflich. Doch werden bei der Warmwasserbassinröste solche Fehler sich seltener einstellen, weil die Gärung reiner verläuft und die Begleitorganismen in den Stengeln keine Ernährungsmöglichkeiten finden. Schon das Fehlen des für die Pektinzersetzung nötigen Enzyms würde es ihnen in Ermangelung einer gut ausnutzbaren Kohlenstoffquelle unmöglich machen, sich stärker zu vermehren. Auch vertreibt sie die von den Röstbakterien abgeschiedene, auf andere Organismen besonders schädlich wirkende Buttersäure. Die trotzdem auf der Faser des Schwungflachses gefundenen Nebenorganismen gelangen größtenteils durch sekundäre Vorgänge dorthin.

Bei den ganzen Stoffumsetzungen spielen nach allem vorher Gesagten die organischen Säuren die Hauptrolle. Da sie die Röste um ein Vielfaches der normalen Zeit verzögern, wenn nicht womöglich ganz verhindern, muß die wichtigste Aufgabe die sein, ihre Entstehung zu vermeiden oder sie auf unschädliche Weise zu beseitigen.

So wie die unter Sauerstoffmangel entstandenen Säuren

nur eine Abbaustufe der Kohlehydrate und Eiweißstoffe darstellen, die gar nicht in Erscheinung tritt, wenn aërobe Bakterien die Umsetzungen vollziehen, so können auch die gebildeten Mengen Säuren wieder weiterer Zersetzung unter günstigen Bedingungen zugänglich werden. Je größer das Molekül der organischen Säure ist, einen um so größeren Energievorrat birgt es und um so wertvoller ist es als Kohlenstoffquelle für Mikroorganismen. Die komplizierteren Säuren, die häufig noch einem größeren Kreis von Bakterien als Nährstoff zu dienen vermögen, zerfallen in einfachere Säuren oder Verbindungen und diese in die letzten und einfachsten Zerfallsprodukte aller Zersetzungsvorgänge, Kohlensäure und Wasser. An dieser ganzen Kette von Zersetzungen arbeiten fast immer mehrere Gruppen von Organismen gleichzeitig oder nacheinander. Auch bei der Röste können wir damit rechnen, daß neben der Bildung von organischen Säuren solche dauernd verschwinden. Nur ist die Erzeugung viel größer, sodaß wir einen Wechsel nicht merken.

Bei der raschen Entstehung von Säuren in der Röste werden bald alle empfindlicheren Organismen in ihrer Tätigkeit gehemmt. Darunter fällt ein großer Teil der aëroben Säurezehrer. Trotzdem entwickeln sich auch in der Röste Organismen, für die die Verhältnisse zur Säuretilgung günstig liegen. Es sind dies die in der Kahlhaut vegetierenden Mikroben, denen der Sauerstoff der Luft in reichlicher Menge zur Verfügung steht, während die Röstflüssigkeit ihnen die organischen Säuren als Nährstoffe zuführt. Die Kahlhaut bildet sich am besten, wenn in der Flüssigkeit reichliche Säuremengen entstehen. Oidien und manche Hefen sind als gute Säurezehrer an der Luft bekannt. Vor allem dürfte die Milchsäure ihnen zum Opfer fallen. Störmer findet bei Prüfung der in der Röste vorkommenden Organismen auf ihre Fähigkeit der Säuretilgung, daß nur die Essigsäure dabei angegriffen wird, in Übereinstimmung mit Behrens, der eine Abnahme der Buttersäure durch Organismen wie Oidien nicht feststellen kann. Es handelt sich zum Schluß der Röste im wesentlichen auch nur noch um diese beiden Säuren. Die allgemeine Giftigkeit der freien Buttersäure für Bakterien ist eine bekannte Tatsache, und

auch die Gärungserreger werden von ihr bald geschädigt. Durch Zufuhr einer gewissen Menge Luft zur Röste ist eine Rückbildung der Buttersäure zu beobachten, wohl infolge ihrer indirekten Oxydation, doch setzt bald wieder eine neue geringe Buttersäurebildung ein. Man tut also gut, wenn man der Erzeugung gerade dieses Stoffwechselproduktes und seiner Beseitigung erhöhte Aufmerksamkeit schenkt. Soll irgendeine Gärung, bei der freie Buttersäure entsteht, nicht sehr bald zum Stillstand kommen, so muß man Kalk oder irgend ein anderes Neutralisationsmittel zum Abstumpfen der Säure hinzusetzen. Die bei der Zersetzung des Pflanzengewebes frei werdenden Mengen von Kalium, Natrium, Kalk und Ammoniak genügen nicht zur Bindung der organischen Säuren.

Die Buttersäure steht an Stärke, die sich nach der Dissoziationsfähigkeit der Säure im Wasser richtet, den anderen in der Röste vorkommenden Säuren nach. Wir geben hier eine tabellarische Übersicht über diese Verhältnisse, da sie auch den Grad der Schädlichkeit der Säuren für die Faser bei scharfer Trocknung im Trockenapparat mitbestimmen.

K gibt die Stärke der betreffenden Säure an. Glücklicherweise finden wir, daß die vorhandene Essig- und Buttersäure nur verhältnismäßig schwache Säuren darstellen. Hinzugenommen, daß die höher

| Säuren der Röste | K        |
|------------------|----------|
| Ameisen-Säure    | 0.000214 |
| Milch-Säure      | 0.000138 |
| Essig-Säure      | 0.000018 |
| Valerian-Säure   | 0.000016 |
| n-Butter-Säure   | 0.000015 |

molekularen flüchtigen Fettsäuren sich besonders leicht mit Wasserdampf verflüchtigen, so ist der Schädigungsgrad der Buttersäure noch weiter heruntergedrückt, weil sie bei der künstlichen Trocknung mit fortgerissen wird. Ob aber vorher nicht schon eine Schädigung der Faser eintritt, steht dahin. Wichtig für den Einfluß der Säurebildung auf die Faser ist, daß außer den flüchtigen Säuren, zu denen die Ameisen-, Essig-, Valerian- und Buttersäure gehören, an fixen Säuren nur die Milchsäure in Betracht kommt, die bis jetzt

nur in Spuren gefunden wurde. Solche fixen oder nicht flüchtigen Säuren werden sich bei jedem Trocknungsprozeß entsprechend ihrer in der Flüssigkeit enthaltenen Menge beim Verdampfen des Wassers auf der Faser konzentrieren und ihre schädlichen Wirkungen vervielfachen.

Wir haben gesehen, daß die Bildung der biologisch und physikalisch einen schädlichen Einfluß ausübenden Säuren, vor allem der Buttersäure, eine notwendige Folge der Stoffwechselumsetzungen bei der Röste ist. Ein einmaliges kurzes Auslaugen des Flachses mit warmem Wasser von ca 30° C, nicht länger als drei bis vier Stunden und darauffolgende Erneuerung des Wassers wird die Säurebildung der biologischen Vorphase zum allergrößten Teil verhindern. Die während des eigentlichen Röstens der Faserstengel erzeugten Säuren und Stoffwechselprodukte können natürlich so nicht umgangen werden, da sie vornehmlich eine Folge der Pektinstoffumsetzungen sind. Nach Entfernen der großen Masse der Auslaugestoffe erweist sich aber das reinere Außenwasser als viel aufnahmefähiger. Es wird nicht nur die noch entstehenden Stoffwechselprodukte viel stärker verdünnen, sondern vor allem auch die innerhalb der Stengel bei dem Abbau der Pektinstoffe sich bildenden Gärprodukte schneller und stärker ausziehen. Durch die Beseitigung der Buttersäure kann sich das Röstbakterium freier und ungehemmter entwickeln. Nach Beijerinck ist die Pektinaseabscheidung der Bakterien um so stärker, je verdünnter die Nährlösung ist. Entsprechend der Größe der Pektinaseabscheidung ist aber die Stärke der Pektinzersetzung. Sowohl der Praktiker wie derjenige, der diese Vorgänge mit besonderen Hilfsmitteln genauer untersuchen kann, wird sich leicht von der Richtigkeit der Dinge unterrichten können. Ersterer stellt mit seinem Lackmuspapier eine weniger saure Reaktion der Röstflüssigkeit fest sowie die merklich schwächere Anhäufung von gelösten Stoffen, da die Kahmhautbildung, die in der Warmwasserbassinröste allgemein nicht bedeutend ausfällt, ganz fehlen wird. Die mikroskopische Kontrolle zeigt die fast plötzlich einsetzende

Entwicklung der Röstbakterien und ihre Anhäufung in außerordentlicher Reinheit.

Eine fast noch bessere Methode zur Beseitigung der Säuren und anderer Stoffe ist das ständige Durchleiten von geringen Mengen reinen Wassers durch die Röstmasse. Mit dem Durchströmungsverfahren werden vor allem auch Stoffwechselprodukte der gesamten biologischen Phase beseitigt.

Die Vor- und Nebenflora wird durch solche Maßnahmen zur Sauberhaltung der Röstvorgänge herabgedrückt. Doch ist sie noch immer stark genug, um ihre Aufgabe zu erfüllen. Ein restloses Auslaugen der Pflanzenmasse würde die Röste nur schädigen und sie verzögern. Aber in der Menge, wie die Nebenorganismen sonst allgemein auftreten, bedeuten sie ein Übel für den Verlauf der Pektingärung und die Gewinnung einer guten, festen und farblosen Faser. Mit der dauernden Wasserdurchströmung, welche entschieden zur Verbesserung beiträgt, wenn die Röste nach ihrem Stadium und der Art des Materials geregelt wird, werden dem Wasser ununterbrochen neue Sauerstoffmengen zugeführt, die aber offenbar dem luftscheuen Röstbakterium nicht schaden. Im Gegenteil, sie sind ihm, wenn die Gärungen einmal begonnen haben, von sichtbarem Nutzen, wie die Erfolge mit Durchströmung, die allerdings soweit gehen muß, daß wirklich das schmutzige Wasser beseitigt wird, im Vergleich zu der einmaligen Wassererneuerung beweisen. Natürlich darf man bei beiden Methoden nicht so vorgehen, daß die biologischen Vorgänge gestört werden. Bei einmaliger Wassererneuerung ist zu vermeiden, daß sie mitten in die Gärungsvorgänge hineinfällt. Auch darf sich bei der Wasserdurchströmung keine mechanische Störung oder Ungleichmäßigkeit einstellen. Eine milde Wassererneuerung ist stets von bestem Erfolg begleitet.

Der in beiden Fällen mit dem Frischwasser zugeführte Sauerstoff dient den Nebenorganismen zu längerer schwach aërober Atmung, was einen stärkeren Abbau der Stoffe unter Hintanhaltung der Säurebildung

zur Folge hat, sodaß eine biologische Reinigung noch neben der mechanischen einhergeht. Sie ist bei der langsamen Durchströmungsmethode zweifellos besser, da der vorhandene und stets wieder neu hinzugeführte Sauerstoff mehr ausgenutzt wird und gleichmäßigere Bedingungen schafft. Dabei geht die Entwicklung und Tätigkeit der Röstbakterien sicherer und schneller vonstatten. Auch das *Clostridium americanum*, das Bredemann für identisch mit dem *Granulobacter pectinovorum* Beijerinck hält, soll durch geringe Sauerstoffmengen gefördert werden und seine Gärtätigkeit unter Umständen bei vollkommenem Sauerstoffmangel einstellen. Wir hätten also in unserem Rösterreger gar kein im wahren Sinne des Wortes anaërobes Bacterium vor uns, sondern nur einen Organismus, der zu seinem besten Fortkommen geringer Sauerstoffmengen bedarf, also mikroaërophil ist. Die Förderung des Rösterregers läßt sich auch durch Versuche nachweisen, bei denen ohne Auslaugen der Röste geringe Sauerstoffmengen durch Einblasen von Luft zugeführt werden, eine Art von Röste, die mit der aëroben noch nichts zu tun hat. Man muß nur dafür Sorge tragen, daß eine stärkere Bewegung in der Röstmasse vermieden wird, da diese den Rösterreger in seiner Entwicklung hemmen würde. Ein Ausgleich zwischen Stengel- und Bündelinnern, und der äußeren Flüssigkeit geht schon durch eine milde Bewegung vor sich und läßt auch das Faserstengelgut gleichmäßiger durchrösten.

Die Säurebildung kann durch die verschiedenen Abänderungen der Röste einen so geringen Grad erreichen, daß eine Gefahr für die Faser von ihr nicht mehr zu befürchten ist. Sie noch weiter herabzusetzen, ist vielleicht nicht einmal wünschenswert, denn es ist fraglich, ob eine Faser, welche bei völlig neutraler oder alkalischer Reaktion, gegebenenfalls unter Einwirkung anderer Organismen gewonnen wird, denselben Glanz und dieselbe Geschmeidigkeit zeigt wie die bei guter Wassererneuerung erzielte. Der Spinner beurteilt aber den Flachs vorwiegend nach Gesichtspunkten, die die Spinnbarkeit erhöhen.

Ferner kommt die von den Bakterien abgeschiedene Pektinase am günstigsten bei schwach saurer Reaktion zur Geltung. Die Bakterien können nicht unmittelbar an die unlöslichen Pektinstoffe heran, sie zertrümmern erst mit Hilfe des spezifischen Enzyms ihr großes Molekül und zerlegen es in lösliche Bestandteile. Die meisten Enzyme aber werden durch wenig Säure in ihrer Wirkung gefördert, während größere Mengen sie hindern oder zerstören. Freie Alkalien hemmen Enzyme häufig sehr schnell.

Säuren können an sich schon hydrolysieren und Pektinstoffe lösen. Hierauf gründen sich zum Teil die chemischen Aufschließungsverfahren, welche aber mit stärkeren Säuren und größeren Mengen arbeiten. Die verwendeten Agentien wirken auch nicht bloß auf die Pektinstoffe und andere Körper ein, die gerade möglichst weitgehend zur Lösung gebracht werden sollen, ohne gleichzeitig die in den Mittellamellen der Bastfasern niedergelegten, durch Verholzung verhältnismäßig gut gegen die Mikroorganismen-tätigkeit geschützten Pektinstoffe anzugreifen. Selbst die Zellulose kann in Mitleidenschaft gezogen werden. Der Einfluß der lebenden Zelle ist in dieser Hinsicht viel feiner durch das Zusammengehen des Enzyms mit sehr geringen Mengen Säure. Das spezifische Enzym kommt aber nur zur Abscheidung, wenn die betreffenden Stoffe anwesend sind. Und je reiner und in je größeren Mengen sie vorliegen, um so stärker tritt seine Abscheidung ein. Die Bakterien gehen mit diesen für sie außerordentlich wertvollen Stoffen sehr häuslicherisch um und erzeugen nicht mehr, als ihrem augenblicklichen Gebrauch entspricht. Sie nehmen ziemlich restlos die außerhalb der Zelle in Lösung gebrachten Bestandteile der Pektinstoffe in sich auf und verwenden sie selbst zu ihrem Wachstum und ihrer Vermehrung. Daher kommt es, daß wenig Begleitorganismen neben dem Rösterreger auftreten. Zu solch sparsamem Verhalten werden sie auch dadurch befähigt, daß sie sich fest den zu zersetzenden Unterlagen anschmiegen und die löslichen Stoffe so schneller aufnehmen können.

Ob die Bakterien sich an die Pektinstoffe ansetzen oder mehr von den Kolloiden angezogen und adsorptiv festgehalten

werden, bedarf noch der Untersuchung. Wenn auch die Beweglichkeit der Röstbakterien und ihre schnelle Verbreitung in den Stengeln auf eine gewisse Freiheit derselben schließen lassen, zeigen doch Versuche mit *Bacillus amylobacter* die starke Anziehungskraft der Kolloide. Sie wirken ganz allgemein auf den Austausch von Stoffwechselprodukten bei Mikroorganismen. Die Pektinstoffe der Bastfasermittellamelle werden aber infolge ihrer Imprägnierung mit Holzstoff viel langsamer und schwerer in den kolloidalen Zustand übergehen als die in der Umgebung der Bastfasern lagernden. Entsprechend weniger sind sie den Einflüssen der Bakterien ausgesetzt und die Bastfasern, obwohl sie Pektinstoffe enthalten, eine gewisse Zeit vor der Überröste geschützt.

Da höhere Temperaturen das Quellen der Pektinstoffe beschleunigen und verschärfen und damit eine Überröste begünstigen, ist man von der früher in Deutschland angewendeten Röste bei 37° C allgemein abgekommen. Man weiß auch, daß die Kaltwasserröste viel sicherer und gleichmäßiger arbeitet und die Gefahr des Überröstens stark vermindert.

Neben der kolloidalen Beschaffenheit ist auch die chemische Zusammensetzung der Pektinstoffe von Einfluß auf den Verlauf der Röste. Der Aufbau des großen Moleküls bleibt nach Angaben von Fellenberg und Ehrlich unverändert und nur die Zahl der Methoxylgruppen wechselt, an deren Stelle infolge Verseifung Kalzium- und Magnesium-Atome die entstehenden Karboxylgruppen absättigen. Dieser Prozeß geht in der Pflanze beim Reifen vor sich unter Verwandlung der ursprünglichen und unlöslichen Muttersubstanz, der Pektose, in die mehr oder minder stark Kalzium- und Magnesiumhaltigen Salze. In den einzelnen Geweben vollzieht sich der Vorgang verschieden schnell und in ungleicher Stärke. Auch die Löslichkeit der Pektinstoffe nimmt mit der Aufnahme von Kalzium und Magnesium zu. Sowohl infolge der leichten Löslichkeit als auch durch das Vorhandensein der basischen, Säure abstumpfenden Stoffe wird ihre Zersetzlichkeit durch die Rösterreger erhöht. Basen werden nicht in dem Maße

zur Abstumpfung von Säure frei, wie diese sich bilden, denn sonst würde die freie Buttersäure in der Röste fehlen. Sie können aber unter Umständen die Zersetzung der Pektinstoffe in der Röste fördern. Daß die Kalzium und Magnesium reichen Pektinverbindungen der meist frühzeitig fertigen Bastfasergewebe in der normalen Röste trotzdem nicht von Bakterien angegriffen werden, ist eine Folge ihrer Durchdringung mit konservierender Substanz. Die Tatsache, daß auch diese Gewebe, wenn die Röste auf sie übergegriffen hat, sehr rasch der Zerstörung anheimfallen, beweist die leichte Angreifbarkeit der Pektinsalze.

All das Gesagte zeigt, wie außerordentlich verwickelt und fein aufgebaut der auf die Pektinzersetzung durch Mikroorganismen zurückzuführende Röstvorgang ist. Chemische und physikalische Aufschließungsverfahren werden im Vergleich zu diesem immer nur eine rohe Methode zur Faserengewinnung darstellen.

**Kanalröste.** Die bei uns in Deutschland zu Anfang des Krieges von H. Schneider erfundene und an vielen Orten eingerichtete Kanalröste hat bezüglich der biologischen Vorgänge im Prinzip keine Unterscheidungsmerkmale von der Warmwasserbassinröste. Abweichungen liegen in der Hauptsache auf bautechnischem Gebiet, mit denen eine besondere Art des Betriebes und damit auch einige biologische Eigenheiten verbunden sind. Die Folgen des Krieges verlangten eine beschleunigte Fasergewinnung, die durch das Verfahren der Kanalröste erreicht wurde und ihm eine rasche Verbreitung sicherte. Die Kanalröste ist für Flachs und in geringen Abänderungen auch für Hanf in Gebrauch. Es können große Mengen Faserpflanzen unabhängig vom Wetter in geschlossenem Raum in einem Tag und Nacht währenden Betriebe verarbeitet werden. Die an die Röste unmittelbar anschließende künstliche Trocknung bei Temperaturen bis zu 100° C gestattet, daß auch das Brechen und Schwingen des Röstflachses ohne Zeitverlust folgen kann. Doch hat die Kanalröste, die übrigens in anderen Rösten, z. B. der französischen *Feuillette*-Röste, Vorgängerinnen hat, auch ihre Schattenseiten, deren größte wohl in der Unmöglichkeit besteht, einzelne Flachssorten individuell zu behandeln. Aber

die Kanälröste hat einen guten Kern und ist leicht verbesserungsfähig; nur ist sie den Friedensverhältnissen noch nicht genügend angepaßt.

Bei der Kanälröste (Fig. 27) liegen immer zwei nebeneinander Systeme zusammen. Bei A sind die Einsatzstellen für die gefüllten Röstkästen, die in der Richtung der stärker gezeichneten Pfeile in dem Maße vorwärts bewegt werden, wie

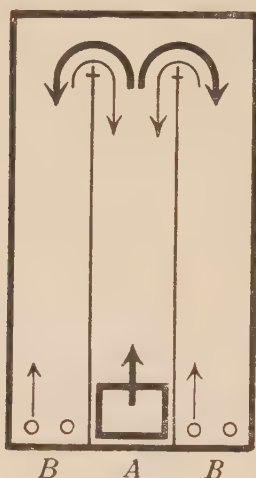


Fig. 27.

Grundriß der Schneiderschen Kanälröste. A Einsatzstelle der Flachskästen, die in der Richtung der starken Pfeile fortbewegt und bei B wieder herausgehoben werden. B Zulauf für warmes und kaltes Wasser, das bei A durch Überlaufen wieder abfließt.

man Kästen herausnimmt. Am Ende des Mittelkanals geht immer umschichtig ein Kasten in den linken, der nächste in den rechten Seitenkanal über, um schließlich bei B durch einen Kran herausgehoben zu werden, der sich über die ganze Vorderfront des Systems verschieben läßt. Biologisch gleich interessant und wichtig ist, daß im entgegengesetzten Sinne der Bewegung der Röstkästen eine Wasserdurchströmung der Kanäle erfolgt. Bei B sind Zulaufhähne für warmes und kaltes Wasser, das schließlich bei A abfließt. Durch dies Gegenstromprinzip wird eine Art Auslaugen erreicht, das von großem Vorteil für die Röste ist. Das schmutzigste und mit Stoffwechselprodukten am meisten angehäufte Wasser kommt bei A zum

Abfluß. Die hier eingesetzten Flachsmengen verlieren ihre löslichen Bestandteile, die, ohne erst in das Kanalsystem zu gelangen, gleich abgeleitet werden. Bei ihrem Vorrücken treffen die Röstkästen auf immer reineres Wasser. Der Erfolg, welchen das Auslaugen des Flachses zu Anfang des Kanales, der Aufenthalt in reinerem Wasser in der Mitte und in verhältnismäßig reinem Wasser zum Schluß für den Verlauf der biologischen Vorgänge beim Rösten und für die Erzielung eines guten Faserproduktes haben, liegt auf der Hand.

Das Abschwächen der Bildung von Säure und anderen Stoffwechselprodukten, der reinere, energischere und gleichmäßigere Verlauf der Pektingärung und die verminderte Gefahr des Überröstens müssen die natürlichen Folgen sein. Der Praktiker weiß, daß die Vorteile in Wirklichkeit nicht ganz dem entsprechen, weil in den Betrieben der Wasserdurchfluß zu gering ist im Verhältnis zu den großen Mengen des durch den Kanal geschickten Faserstengelmateriale. Theoretisch sollte man mit einer kleineren Menge Wasser auskommen als bei der Bassinröste, da die löslichen Stoffe nach ihrem Austreten in das Wasser bei A sofort wieder abgeführt werden und der Flachs sich vor der Röststreife in reinem Wasser befindet. Tatsächlich läßt sich auch gegen Ende des Kanales hin eine wesentlich geringere Säuremenge in der Röstflüssigkeit nachweisen als in der Warmwasserbassinröste.

Im Widerspruch dazu steht aber die mikroskopische Untersuchung, die eine außerordentliche Mannigfaltigkeit und Stärke der Nebenflora ergibt. In den Betrieben wird für gewöhnlich an Wasser derartig gespart, daß von einer in allen Teilen des Kanales, vor allem in den dicht gelagerten Fasermassen, reinigenden Wasserdurchströmung nicht gesprochen werden kann. Auch wird durch die Vorwärtsbewegung der dicht gepackten, sich an die Kanalwände knapp anschließenden Röstkästen das schmutzigere Wasser stets mit nach vorn getrieben, zum mindesten stark vermischt, so daß die Wirkung des schwachen Durchflusses noch weiter verringert wird. Ein größerer Mangel ist sodann, daß die großen Wassermassen eines ganzen Kanalsystems nur hin und wieder abgelassen werden und dann häufig auch nur zu einem Teil, um den ununterbrochen währenden Betrieb keine Störung erfahren zu lassen. Dadurch sammeln sich auf dem Boden der Kanäle mit der Zeit große Mengen Schmutz an, die, in Zersetzung übergehend, Störungen und Verunreinigungen herbeiführen müssen.

Schon nach einer einzigen Röste haben sich auf dem Grunde des Röstbehälters soviel Senkstoffe aller Art angehäuft, daß man sich denken

kann, wie es bei dem Kanalsystem nach einem halben Jahr aussehen muß. Die Bassinröste hingegen hat den großen Vorteil, jederzeit nach einer Röste leicht gesäubert werden zu können. Die Senkstoffe setzen sich aus losgelösten Stengelteilen, aus den durch Auflockerung der weichen Rindengewebe sich in großer Menge von den röstenden Stengeln abtrennenden und die Flüssigkeit stark trübenden Geweberesten und zuletzt in nicht geringem Maße aus den sich zu Boden setzenden Leibern der Bakterien und anderer Mikroorganismen zusammen. Es sammelt sich also in dem Schlamm des Bodens eine Stickstoff und Eiweißstoff haltige Masse an, welche einer besonderen Mikroflora, die nichts mit den Röstvorgängen zu tun hat und sie nur schädigen kann, die günstigste Gelegenheit zu reicher Entwicklung bietet. So finden wir hier als wichtigen Gärungserreger den streng anaëroben allgemein verbreiteten *Bacillus putrificus*, der auch Trommelschlägerformen besitzt wie unser Röstbakterium, sich von ihm aber durch den Mangel an Glykogen und Iogen unterscheidet. Im Gegensatz zu *Bacillus amylobacter* ist er ein typischer Saprophyt und entwickelt Schwefelwasserstoff, Merkaptan und indolartige Körper, die dem Röst- und Schwungflachs einen noch schlimmeren Geruch verleihen als die Buttersäure.

Der auffallend geringe Säurebefund bei der Kanalröste, der im Widerspruch zu ihrer starken Verschmutzung steht, ist wohl auf die teilweise Neutralisierung der Säuren durch Ammoniak zurückzuführen, der bei der Zersetzung von Stickstoff- und Eiweißsubstanzen frei wird. Ganz erheblich trägt zu dieser Verschmutzung bei der Kanalröste auch das Aufrühren und Aufwirbeln der Senkstoffe beim Vorwärtsschieben der Röstkästen bei.

In diesem Schlamm kann, wenn sich das Stengelmaterial ansammelt, natürlich auch Zellulosegärung einsetzen. Die Gärungserreger, die hier allein in Betracht kommen, sind ebenso strenge Anaërobier wie der *Bacillus putrificus* und finden ebenso günstige Entwicklungsbedingungen wie jener in den Bodennieder-

schlagen. Die anaëroben Zellulosezerersetzer sind entweder Methan (Sumpfgas) oder Wasserstoff erzeugende, sporenbildende Bakterien, die darum die Bezeichnung *Bacillus methanigenes* und *Bacillus fossicularum* erhalten haben. Man spricht daher von der Methan- und der Wasserstoffgärung der Zellulose. Sie kommen in der Natur oft gemischt vor, obwohl die Methangärung viel verbreiteter ist und den Hauptanteil an der Zellulosezersetzung hat. Das Enzym Zellulase, welches nur wenig unter den Bakterien verbreitet ist, befähigt ganz allein zur Zellulosezersetzung. Beide Bakterienarten stellen schlanke Stäbchen mit endständigen Anschwellungen bei Sporenbildung dar. Diese Plektridienformen sind aber nicht mit denen der Rösterreger zu verwechseln, weil ihnen die Inhaltsstoffe fehlen. Mit *Bacillus putrificus* haben sie mehr Ähnlichkeit.

So häufig in Besprechungen von Rösten und der Frage der Überröste die Erreger der Zellulosegärung erwähnt und als gefürchtete Schädlinge aufgeführt werden, so wenig begründet sind diese Ansichten. Wohl hatte v. Tieghem vor ungefähr einem halben Jahrhundert von seinem von ihm näher untersuchten *Bacillus amylobacter* als von einem „Ferment der Zellulose“ gesprochen, weil er beobachtet hatte, daß er junge Gewebe mit zarten Zellhüllen auflösen vermochte. Der Begriff Zellulose, der sich chemisch erst später klärte, bezog sich hier aber allgemein auf die Substanz der Zellmembran von parenchymatischen Geweben. Heute wissen wir, daß eine Pektinstofflösung vorgelegen hat. Überdies gibt derselbe Autor zu, daß an anderen Geweben, in denen sich die Zellulose rein erhalten hat, wie den Bastfasern, unter der Einwirkung des *Bacillus amylobacter* keine Veränderung eintrat. Da man eine Lösung der Zellulose in dem Rindengewebe beim Röstvorgang vor sich zu haben glaubte, war der Gedanke, daß die Überröste auf die Zellulosezersetzung der Bastfasern durch die Tätigkeit des *Bacillus amylobacter* zurückzuführen sei, ein sehr naheliegender. Man hatte insofern Recht, als das Rösten und das Überrösten von ein und demselben Organismus bewirkt wird. Dieser vermag aber

nicht die Zellulose, sondern nur die zwischen den einzelnen Bastfaserzellen der Faserbündel liegende Kittsubstanz zu zerstören. Er hat bei allen von den verschiedenen Forschern später darauf gerichteten Untersuchungen, in denen ihm reine Zellulose dargeboten wurde, dieselbe nicht zu lösen vermocht, verfügt also nicht über das nötige Enzym. Omelianski bereits stellt als Ursache der Überröste die Tätigkeit der Röst-erreger hin.

Von den angegebenen anaeroben Zellulosezehrern kann keiner dem Röstmaterial zum Schaden gereichen. Die an und für sich seltene Wasserstoffgärung der Zellulose bedarf zu ihrer Entwicklung trotz hoher Temperaturen von 30° C und darüber fast immer einer sehr langen Zeit, selbst wenn mit dem Erreger reichlich geimpft wird. Wochen können darüber vergehen, besonders wenn die Erreger auf dem Röstgut erst zur Entwicklung kommen müssen. Der sich bei der Röste zeigende Wasserstoff rührt lediglich von der Pektinstoffgärung her.

Ebenso ungünstig liegen die Verhältnisse für den Erreger der Methangärung, der viel verbreiteter ist und an allen ähnlichen Standorten wie auf dem Grunde der Röstkanäle auftritt, so in dem Schlamm von Teichen, Sümpfen und Kloaken, aber ebenfalls zu seiner Entwicklung 1—4 Wochen bei 30—35° braucht. Das Röstgut kann demnach auch von diesem Zellulosezehrer während einer Röstdauer von höchstens fünf Tagen nicht in Gefahr gebracht werden. Das von ihm während der Gärung entwickelte gasförmige Methan ist beim Rösten von Flachs oder Hanf nicht festgestellt worden, sondern nur Kohlensäure und Wasserstoff. Überdies sind die Erreger der Zellulosegärung mikroskopisch auf den Fasern nicht zu finden, was, wenn sie sich auf zellulosehaltigem Material angehäuft haben, leicht der Fall ist. Trotz der kaum bestehenden Gefahr der Schädigung des Röstgutes durch die Zellulosebakterien ist es sicherlich gut, dieselben auch auf dem Boden von Bassins oder besonders der Röstkanäle nicht aufkommen zu lassen, denn sie reichern durch ihre Tätigkeit im

Wasser Stoffwechselprodukte an, unter denen die unbeliebten Säuren, hauptsächlich die Essig- und die Buttersäure eine Hauptrolle spielen. Man darf deshalb aber nicht von den Zellulosevergärem als von Schädlingen der Röste sprechen.

Ein nicht genügend beachteter Punkt, der auch für die Kanalröste in Betracht kommt, ist die Abflußweise des überschüssigen Wassers. Die an Auslauge- und Senkstoffen aller Art angereicherte spezifisch schwerere Flüssigkeit lagert zwar unten auf dem Boden, trotzdem wird das Wasser der Kanalröste aber an der Oberfläche zum Abfluß gebracht. Die Zufuhr des frischen leichteren Wassers müßte auch auf dem Boden der Kanäle geschehen.

Wenn also die Kanalröste nicht immer so günstig arbeitet, wie es der Theorie nach zu fordern wäre, so liegt das zum großen Teil an dem geringen Wasserdurchfluß und an der mangelnden Reinhaltung der Kanäle. Deshalb ist sie doch imstande, Gutes zu leisten.

Die ähnlich wie die Schneidersche Kanalröste arbeitende anaerobe Feuillette-Röste hat im Gegensatz zu jener nur einen geraden Kanal, in dem auch im Gegenstrom frisches warmes Wasser durchgeleitet wird. Beide sind also zu den Warmwasserrösten zu rechnen. Charakteristisch für die Feuillette-Röste ist das Herausheben und jedesmalige Umdrehen der Kästen beim Vorwärtsrücken, sodaß nach dem Abtropfen das ganze im Kasten befindliche Röstmaterial für kurze Zeit der Luft ausgesetzt wird. Die Durchlüftungszeit ist aber viel zu kurz, als daß sie die Entwicklung einer aeroben Röstflora begünstigen könnte, wie es in den Berichten über die Röste heißt. Eher ist das Umdrehen der Kästen und Mischen des Wassers für das gleichmäßige Rösten der oberen und unteren Stengelteile von Wichtigkeit. Wir wissen aber, daß das sauerstoffscheue Röstbakterium durch geringe Sauerstoffmengen sehr begünstigt wird, vielleicht derselben unbedingt bedarf. Es muß nur darauf geachtet werden, daß nicht der Beginn der anaeroben Pektingärung durch gewaltsame Maßnahmen gestört wird. Nach ihrem Eintritt schaden solche weniger, wenn sie auch die Röste verzögern. Der

Zeitpunkt und die Art einer Durchlüftung sind also ausschlaggebend für den Erfolg, worauf bei der Feuillette-Röste nicht genügend Rücksicht genommen ist. Vielleicht hängt es damit zusammen, daß dies System nichts mehr von sich hören läßt.

Der an und für sich gute Gedanke der zeitweiligen kurzen Sauerstoffzufuhr ist neuerdings von A. Herzog aufgegriffen worden, der sie in Verbindung mit Wasserdurchfluß bei der Warmwasserbassinröste zur Aufstellung eines neuen Verfahrens verwendet. Die von ihm vorgeschlagenen 5—10 Minuten anhaltende Einführung eines Luftstromes in die untergetaucht bleibende Röstmasse entspricht ungefähr der Durchlüftungsweise beim Feuillette-Verfahren. Die Bedeutung dieses von Herzog angewendeten sehr kurzen Luftstroms zur Röste wird aber nicht von Belang sein, da gleichzeitig mit so starker Wassererneuerung bei seinem Verfahren vorgegangen wird, daß hierdurch viel größere und völlig ausreichende Mengen Sauerstoff zugeführt werden.

Die Benutzung von Kessel- und Kondenswasser ist zu verurteilen, da es zu wenig Sauerstoff enthält oder der gelösten Mineralstoffe völlig entbehrt, wodurch es für biologische Rösten wenig geeignet erscheint. Absolut reines Wasser ist giftig für lebende Zellen und tötet sie.

Die bei dem Herzogschen Verfahren notwendigen großen Wassermassen, die einer vierfachen völligen Erneuerung desselben infolge langsamen Durchflusses gleichkommen, sind für die meisten großen Betriebe, zumal sie warm sein sollen und dadurch viel Heizmaterial beanspruchen, nicht zu beschaffen. Die Wasserknappheit, mit der man bei den Röstanstalten zu rechnen hat, kann schon bei der Kanalröste hinderlich werden. Es sei hier also nochmals hervorgehoben, daß die angewendeten Wassermengen von größter Wichtigkeit für jede Art von Röste sind. Wenn auch in altem Wasser noch ein oder zweimal günstigenfalls geröstet werden kann, bevor die Röstmüdigkeit einsetzt, so geschieht es doch immer zum Schaden des Faserproduktes, das durch Farbe, Geruch, Festigkeit und Menge der auflagernden Substanzen merklich geringere Qualität darstellt.

Um auf die außerordentliche Bedeutung der Reinhaltung einer Röste durch viel Wasser hinzuweisen, sei auf die von Herzog gefundene und auch nachgeprüfte Tatsache hingewiesen, daß eine bei  $30^{\circ}\text{C}$  und darüber mit hinreichender Wasserdurchströmung vor sich gehende Röste, die unter diesen Bedingungen in drei bis vier Tagen spätestens fertig ist, noch ohne weiteres drei Wochen lang fortgesetzt werden kann, ohne daß eine Überröste zu beobachten ist. Es ist klar, daß unter solchen Umständen das gleichmäßige Ausrösten auch des verschiedensten Materiales ermöglicht werden kann.

An das Rösten schließt sich in den nach dem Schneiderschen Verfahren arbeitenden Aufbereitungsanstalten sofort die künstliche Trocknung an, die bis zu  $100^{\circ}\text{C}$  hinaufgeht. Diese scharfe, in kurzer Zeit verlaufende Trocknung dörft die Faser stark aus und macht sie spröde; doch wird sie, indem sie wieder Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, geschmeidiger und spinniger, sie erholt sich, wie der Fachmann sagt. Je schlechter die Röste war, desto nachteiliger ist die Trocknung und jede Temperaturerhöhung. Es werden dabei die nur gelockerten Gewebeteile, zelligen Rückstände und Schleimstoffe, z. T. Produkte der auf den Stengeln sitzenden Bakterien, wieder fest mit den Fasern verbunden, gewissermaßen mit ihnen verklebt, so daß sie selbst beim ausgiebigen Schwingen und auch durch Hecheln noch lange nicht gänzlich abgelöst werden. Erst die Bleiche bringt dies mehr oder weniger mit sich.

Eine rein verlaufende Röste wird sowohl direkt, indem das Wasser besser alle schleimigen Substanzen zur Lösung und damit die Gewebereste zur Abtrennung von der Faser bringt, als auch indirekt günstig wirken, weil die Auflockerung und Zerstörung der Gewebe durch die Bakterien sicherer und gleichmäßiger vonstatten geht. Ein Auswaschen des Röstgutes entfernt die auf trocknenden Substanzen nicht genügend, sondern hauptsächlich die in gelöster Form vorliegenden Stoffe, besonders die organischen Säuren und andere Stoffwechselprodukte. Während erstere die Qualität der

Faser bezüglich Farbe und Geruch herabsetzen können, Eigenschaften, die sich im Laufe des Verarbeitungsprozesses leichter wieder beseitigen lassen, sind die Säuren von direkt schädlicher Wirkung, da sie die Festigkeit der Faser merklich beeinträchtigen.

Der nasse Röstflachs enthält, so wie er in den Trockenkanal kommt, mehrere hundert Prozent Röstwasser, in welchem sich die organischen Säuren beim Verdunsten immer mehr anreichern. Zwar werden sie in größerer Menge beim Verdampfen mitvertrieben, weil es flüchtige Säuren sind, wirken aber vielleicht vorher bei der verhältnismäßig hohen Temperatur nachteilig. Die Säuren, die ganz allgemein hydrolytische Vorgänge hervorrufen und derartige Reaktionen in der Hitze um so schneller vollziehen, greifen ebenso wie die bei der Überroste arbeitenden Enzyme und Säuren die Pektinstoffe der Mittellamellen der Bastfasern an. Ihre schädliche Wirkung bei hohen Temperaturen des Trockenkanales wird also mit Recht gefürchtet. Zum großen Teil deswegen wird stets darauf hingezielt, den Einfluß der Säuren, der auch ohne Anwendung der künstlichen Trocknung zur Geltung kommt, da beim Verdunsten des Wassers ihre Verflüchtigung nicht so groß und ihre Anreicherung auf der Faser beträchtlich ist, in der Röste so weitgehend wie möglich zu unterdrücken.

Bei der natürlichen Trocknung spielen sich neben der Anreicherung infolge Wasserverdunstung auch biologische Vorgänge ab, die auf eine Verminderung der organischen Säuren hinauslaufen. In den zirka 300% Wasser des nassen Röstflachses finden sich außer gelösten und ungelösten Bestandteilen, die sich auf die Faser niederschlagen oder an ihr festkleben, auch Bakterien in großer Menge. Es ist also verständlich, wenn sich auf der fertigen Faser eine so große Anzahl von Organismen der Nebenflora findet, daß das Röstbakterium und seine Sporen in den Hintergrund treten. Diese Erscheinung kann ihr Nützliches, aber auch große Gefahren für die Faser haben. Bei der natürlichen Trocknung gelangen die aeroben oder fakultativ anaeroben

Bakterien der Röstflora auf dem nassen Flachs infolge der starken Begünstigung durch genügende Mengen Luft zur besten Entwicklung. Leicht vergärbare Substanzen stehen ihnen als Nahrung nicht mehr zur Verfügung, wohl aber noch Reste der ungelösten, bei der Pektingärung nicht gänzlich verschwundenen Stoffe, wie Stärke und Eiweiß. Dann aber dienen diesen aëroben Bakterien oder hefeähnlichen Organismen, die neben jenen zu finden sind, gerade die organischen Säuren als Kohlenstoffquelle.

Vorbedingung für die biologische Entsäuerung des Röstgutes ist, daß der Flachs genügend lange in nassem Zustande verbleibt, so daß die aërobe Flora sich zu entwickeln und ihre Säure zehrende Tätigkeit auszuüben vermag. Eine Schädigung der Faser durch die anaëroben Rösterreger ist während dieser Zeit nicht zu befürchten. Denn der Sauerstoff der Luft bedeutet für diese Keime Gift, unter dessen Einwirkung sie sehr schnell absterben, soweit sie nicht Sporen gebildet haben. Beläßt man den Flachs nach fertiger Röste und Ablassen des Wassers mehrere Tage in seinem nassen Zustande unter gut aëroben Bedingungen in den Bassins, so nimmt die biologische Entsäuerung bis zu einer Dauer von drei Tagen zu, während gleichzeitig die Reißfestigkeit des Flachses in bemerkenswerter Weise steigt.

Mit der Entwicklung der aëroben Flora auf dem nassen Röstflachs ist aber gleichzeitig eine Gefahr für die Faser verbunden. Die biologische Gruppe der aëroben Sporenbildner umfaßt eine Reihe mehr oder weniger kräftig röstender Arten, deren Lebensäußerungen sich in der Zersetzung der in der Faser zurückgebliebenen Pektinstoffe bemerkbar machen, auch wenn diese infolge der Durchtränkung mit Holzstoff verhältnismäßig gut gegen die Angriffe von Mikroben geschützt sind.

Man hat deshalb vorgeschlagen, statt der Wasserröste zur Isolierung der Bastfasern die Gärung von aufeinandergeschichteten feuchten Faserpflanzen anzuwenden. Hierbei erhitzen sich die Pflanzenmassen stark, da in kurzer Zeit

verhältnismäßig große Mengen Substanz vergoren werden. Es wird mehr Wärme frei als bei der Warmwasserröste, weil bei dieser die Stoffe in ihrer Verbrennung und Umsetzung zum größten Teil auf der Stufe der organischen Säuren oder anderer höherer Stoffwechselprodukte stehen bleiben. Bei der Gärung feuchter Pflanzenmassen wird daher auch die Säurebildung eine geringere sein.

Die Keime der aeroben Sporenbildner finden sich stets auf dem Schwungflachs. Feuchte Luft, feuchtes Lagern oder Anfeuchten des ausgearbeiteten Flachses ist daher vom Übel. Schon bei einem viel niedrigeren Feuchtigkeitsgrad, als die Bakterien für ihre Entwicklung brauchen, gedeihen die Schimmelpilze, von denen nicht nur viele die Pektinstoffe verzehren und die Erscheinungen der Überröste hervorrufen, sondern auch viel allgemeiner zur Zelluloselösung befähigt sind als diese. Das Pilzwachstum macht lagernden Flachs fleckig und stockig. Solcher ist also stets mit Vorsicht aufzunehmen, wenn man keine anderen Mittel hat zum Nachweis der von der Faser aufgenommenen Feuchtigkeit oder ihrer Schädigung durch diese, nachdem sie wieder auf ein normales Maß zurückgebracht wurde. Die Handelsware für Flachs und Hanf darf den vermitteltst der Konditionierapparate genau feststellbaren Feuchtigkeitsgehalt von 12% nicht übersteigen. Es ist anzunehmen, daß bei dieser „Reprise“ die Fasermassen selbst bei langem Lagern keine Schädigung erfahren. Doch scheinen biologische Untersuchungen über die Zulässigkeit der Feuchtigkeitsmengen nicht zu bestehen.

Ganz zu verwerfen sind aber solche Methoden, wie sie in Rußland und auch anderen Ländern offenbar nicht selten in Gebrauch sind. Erzeuger und Zwischenhändler besprengen den Flachs sogar mit warmem Wasser. Der Schaden des Käufers erhellt nicht nur daraus, daß er das erhebliche Mehrgewicht an Wasser bezahlen muß, sondern besteht noch mehr darin, daß er an Stelle der ursprünglich wertvollen Langfaser nur minderwertiges, durch Mikroben angegriffenes Produkt in die Hand bekommt. Gerade das Netzen des Flachses ist gefährlich, weil, selbst wenn der gesamte Feuch-

tigkeitsgehalt unter Umständen nicht so hoch ist, einzelne Teile der Faser zuviel Nässe bekommen, die sie, bevor sich dieselbe langsam in der ganzen Fasermasse verbreitet, infolge ihrer kolloidalen Beschaffenheit festhalten. Das Brüchig- und Mürbewerden der Faser an diesen Stellen ist eine notwendige Folge. Unschädlicher wirkt zweifellos das Anziehen von Feuchtigkeit aus einer mit warmem Wasserdampf gesättigten oder übersättigten Luft. Aber auch hier ist immer der Gehalt der Faser an aufgenommenem Wasser maßgebend und Gefahr vorhanden, daß Mikroben sich entwickeln. Sie ist am geringsten, solange nur die Hygroskopizität der Faser zur Geltung kommt, aber sicherlich schon vorhanden, wenn ein Niederschlag von Feuchtigkeit aus der Luft auf die Faser eintritt und dieselbe unter diesem Einfluß längere Zeit verbleibt.

Durch das rasche Austrocknen bei hohen Temperaturen werden alle vegetativen Formen abgetötet, aber Arten, welche zur Entwicklung reifer Sporen gekommen sind, finden sich dementsprechend auch später als lebende Keime auf dem Flachs. Die Zahl der aeroben Sporenbildner ist geringer als die der anaeroben, denn der Röstflachs einer anaeroben Kanal- oder Bassinröste muß vorzüglich mit anaeroben und fakultativ anaeroben Sporenbildnern behaftet sein. Die aeroben Keime werden, soweit sie nicht aus der Röstflüssigkeit selbst stammen, ihren Ursprung in der Kahlhaut haben, die beim Herausheben der Kästen oder Ablassen des Wassers mit durch das Röstgut hindurchgesogen wird und eine Menge Keime an die Faserstengel abgibt.

Auf 1 g Schwungflachs der Kanalröste wurden an aeroben Sporenbildnern nur bis zu 10000 lebende Keime gezählt im Gegensatz zu 1 Million anaeroben Keimen. Was an nicht sporenbildenden Arten, auch an Dauerformen von Pilzen auf der Faser gefunden wird, kann erst einer nachträglichen Infektion entstammen. Die überall in der Luft, besonders aber in so staubigen Hallen wie den Röst- und Aufbereitungsanstalten vorkommenden Pilzkeime werden durch ihre schnelle Entwicklung auf nassem Schwungflachs jeder-

zeit ihre Gegenwart beweisen. Die gewöhnlichsten von ihnen, *Aspergillus*-, *Penicillium*- und *Mucor*-arten sind als Pektinase abscheidende Pilze festgestellt worden. Sie werden daher durch Übröste die Faser ebenso zerstören, wie die durch künstliche Trocknung nicht vernichteten Keime der aëroben Röstbakterien. Das einfachste Mittel, um der Schädigung einer feuchten Faser vorzubeugen, ist auch hier wiederum eine gute, rein verlaufende Röste. Vorheriges Auslaugen des Flachses, gutes Nachwaschen, womöglich eine schwache Nachgärung in frischem Wasser, Durchströmung mit solchem oder einmalige Wassererneuerung sind Maßnahmen, welche möglichst viel Substanzen von der Faser ablösen, die zurückbleibenden Reste nährstoffarm machen und die Entwicklung der nicht unbedingt zur Röste nötigen Mikroflora nach Möglichkeit unterbinden. Ein anderer Weg, um aus schlechtem, unsauberem Röstflachs eine verhältnismäßig reine keimarme Faser zu erzielen, besteht im Quetschen. Gewebereste, Unreinheiten, Geruchstoffe, Säuren und Bakterien gehen mit dem Quetschwasser in großer Menge weg. Doch alles, was hierdurch gewonnen wird, geht auf der anderen Seite wieder verloren, da die Fasern bei den bis jetzt gebräuchlichen Methoden des Abquetschens außerordentlich leidet und eine weit geringere Reißfestigkeit zeigt.

Die Bedeutung der Mikroben auf dem Schwung- und Hechelflachs wird durch ein Patent (Silberrad, D. R. P., Kl. 29b, 2, Nr. 264557) anerkannt, welches darauf hinzielt, eine Verschlechterung der Faser durch Abtöten der aëroben Mikroorganismen mit Hilfe chemischer Mittel zu verhindern. Es mag vor unerlaubt starkem Anfeuchten des Flachses warnen.

Beim Knicken, Brechen und Schwingen des trockenen Röstflachses gehen eine Menge feinsten und gröberer Teilchen in die Luft. Staubförmige Wolken können sich bei seiner Ausarbeitung in die Luft erheben, diese verunreinigen und mit lebensfähigen Keimen anreichern. Zwar sind die Bakterien der Wasserrösten, einschließlich der aëroben, alle nicht pathogener Art, aber das Einatmen derselben tagtäglich in großen Mengen

neben den rein mechanisch schädlich wirkenden staubförmigen Partikelchen muß der Gesundheit selbst eines sehr widerstandsfähigen Menschen nachteilig sein. Für Tauröstflächse kommt noch in Betracht, daß in der Gattung *Mucor*, von welcher mehrere Arten als Erreger der Landröste bekannt sind, einige Vertreter den Menschen durch Verursachen der sogenannten Mykose gefährlich werden können. Glücklicherweise wird in den Röst- und Aufbereitungsanstalten jetzt mehr denn je getan, um den Arbeitern und Arbeiterinnen den Aufenthalt in den Räumen zu ermöglichen und hygienisch zu gestalten.

**Carbones Röste mit *Bac. felsineus*.** Das von dem Italiener D. Carbone empfohlene Röstverfahren unterscheidet sich von der gewöhnlichen anaëroben Warmwasserbassinröste durch seine höhere Temperatur und die Impfung mit einem besonderen Rösterreger, dem *Bac. felsineus*. Die Impfung erfolgt mit einer Vorkultur, die nach genauen Vorschriften des Verfassers drei Tage vorher hergestellt werden muß. Das Verfahren ist noch neu und hat sich bis jetzt wenig in die Praxis eingeführt. In Italien, seinem Ursprungsland, verarbeitet man den Hanf fast nur in ländlichen Betrieben, bei denen große Gruben höchstens 1—3 mal in demselben Wasser während eines Sommers beschickt werden. Über Röstanstalten mit gut eingerichteten industriellen Betrieben verfügt man noch kaum, weshalb das Verfahren in Italien erst im Begriff ist, Boden zu gewinnen.

Interessant an der Carboneschen Methode ist, daß die Gewinnung der Vorkultur des streng anaëroben *Bacillus felsineus* in der Praxis, die sich natürlich der Herstellung anaërober Kulturen nicht hingeben kann, erst dadurch ermöglicht wird, daß der *Bacillus* in einem flüssigen Kartoffelnährboden am besten zusammen mit einem stark sauerstoffatmenden Symbionten, einer Hefe, angereichert wird. Ihn in Reinkultur zu züchten ist infolge seines schweren Wachstums selbst seinem Entdecker noch nicht gelungen. Mit Hefe zusammen gedeiht er aber bei seiner optimalen Temperatur (37° C) sehr gut in großen Glaskolben mit hoher Flüssigkeitsschicht, die nur mit einem

Wattestopfen verschlossen sind, sodaß die Luft jederzeit Zutritt zur Kultur hat. In diesen Glaskolben zeigt er innerhalb kurzer Zeit eine starke, charakteristisch verlaufende Gärung.

Entsprechend seiner kräftigen Gäreigenschaft muß man dem *Bacillus felsineus* eine sehr energische Röstfähigkeit zuerkennen, die sich namentlich darin zeigt, daß er einen besonders weitgehenden Zerfall der parenchymatischen Gewebe herbeiführt, wodurch sich die Faser nachher leicht und verhältnismäßig rein aus dem Stengel und dem Rindengewebe herausarbeiten läßt. Carbone will mit seinem Verfahren auch einen wesentlichen Zeitgewinn erreichen, da seine Röste in zwei, längstens drei Tagen beendet ist. Wegen der energischen Rösteigenschaft des *Bacillus felsineus* erscheint die Carbone-Röste besonders für die Gewinnung der Hanffaser geeignet, bei welcher sich häufig Schwierigkeiten bezüglich des Abröstens mancher Sorten und der Auflösung der grünen Rindengewebe ergeben. Da die Kenntnisse über die weiteren Eigenschaften des *Bacillus felsineus* und seine Stellung im Bakteriensystem noch viel zu wünschen übrig lassen, muß man nähere wissenschaftliche und praktische Untersuchungen abwarten, um einen klaren Überblick über das Verfahren zu erlangen.

Man darf aber nicht annehmen, daß durch den Zusatz der Impfflüssigkeit von *Bac. felsineus* mit seinem Begleiter unser gewöhnlicher Rösterreger, der *Bac. amylobacter*, ausgeschaltet worden ist. Er wird im Gegenteil durch die hohe Temperatur gleichfalls außerordentlich in seiner Entwicklung gefördert und häuft sich nach wie vor im röstenden Stengel und auf der Faser stark an. Der Einfluß der Hefe scheint ganz allgemein ein günstiger zu sein.

Die Ansicht Carbones, daß die auf dem Gebiete der Pektingärung und Röste von Faserpflanzen arbeitenden deutschen und anderen Forscher bisher keine Reinkulturen wirklicher Rösterreger besessen hätten, und daher das einstimmige Urteil der Röstfähigkeit der Amylobakterien in unserer Röste ihnen nicht zukäme, geht wohl über das Ziel hinaus.

**Kaltwasserrösten.** Die Kaltwasserrösten gewinnen heute in Deutschland wieder an Bedeutung, weil die Er-

wärmung großer Wassermassen, wie sie andere Verfahren erfordern, hier fortfällt, und nicht an Wasser gespart zu werden braucht. Die im allgemeinen geringere und ungleichmäßigere Temperatur muß eine langsamere, aber deshalb nicht schwächere Entwicklung der Röstbakterien, die die gleichen sind wie bei der Warmwasserröste, zur Folge haben und damit eine längere Röstdauer. Dieser Nachteil wird aber reichlich wett gemacht durch alle die Eigenschaften der Faser, welche von einer reinen, gleichmäßigen und bei etwas Aufmerksamkeit nur schwerlich zu weitgehenden Röste herrühren. Zu denken ist hier vor allem an die Rösten in langsam fließenden Gewässern oder Teichen, Gräben und Gruben mit Zu- und Abfluß. Nicht viel weniger günstig liegen die Verhältnisse in größeren stehenden Gewässern, wo die Wassermassen zur stetigen langsamen Erneuerung der mit ausgelaugten Stoffen und Stoffwechselprodukten angehäuften Röstflüssigkeit ausreichen und infolge ihrer starken Verdünnung eine biologische Reinigung ermöglichen. Dabei sind sowohl Bakterien, wie Pflanzen und Tiere beteiligt. Auch hier greifen die biologischen Vorgänge wie bei denen der Röste eng ineinander.

Der in der großen Flüssigkeitsmenge vorhandene Sauerstoff gestattet den Bakterien, die Gärungen und Zersetzungen bis zur Mineralisierung, d. h. zur Bildung von Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Schwefeldioxyd usw. zu führen. Auch die aus Zellresten und Gewebestandteilen bestehenden Schwebestoffe werden von ihnen allmählich zersetzt. Bei der großen Wasseroberfläche kann Sauerstoff stets in reichlicher Menge wieder aufgenommen werden. Im übrigen liefern Algen und höhere Wasserpflanzen neuen Sauerstoff. Die Bakterien werden von allerlei kleinen und kleinsten tierischen Organismen verschlungen, während kleinere und größere Fische den letzteren als begehrenswerter Nahrung nachstellen. Zweifellos kann deshalb bei richtigem Verhältnis zwischen Gesamtwasser und Röstgut sich eine merkliche Förderung der Fischzucht ergeben. Die biologische Reinigung spielt auch bei Ableitung der Röstwässer in Bäche und Flüsse eine wichtige Rolle.

Nimmt in Teichen oder stehenden Gewässern das Rösten einen zu großen Umfang an, so können die dabei abfallenden Stoffe und Stoffwechselprodukte infolge eintretenden Sauerstoffmangels nicht mehr oxydiert werden. Der Geruch des Röstwassers und die Säurebildung machen sich wieder bemerkbar. Das Pflanzenleben, das Sauerstoff liefern könnte, leidet und geht zugrunde. Höhere tierische Organismen wie Fische, die ein großes Sauerstoffbedürfnis haben, ersticken in solchem Wasser und vergrößern das Übel noch durch Faulen und Verwesen. Neben dem Sauerstoffmangel, der der Hauptgrund für das Fischsterben ist, wirken auch die Fäulnisprodukte der Röstwässer schädlich. Daher kommt es, daß die Interessen der kleineren und größeren Röstbetriebe in stehendem oder fließendem Wasser mit denen der Fischereieinhaber zusammenstoßen, und häufig auch dort, wo letztere das Rösten in kleinem Umfange in großen Teichen gestatten könnten.

Die bei den Kaltwasserrösten meistens herrschenden niedrigeren oder schwankenden Temperaturen, die am Tage und in den kühleren Nächten beträchtliche Differenzen geben, schaden den Gärungsvorgängen nicht, sie können aber unter Umständen Anlaß zu ungleichmäßigem Rösten geben. Die unmittelbar unter den Sonnenstrahlen sich stark anwärmenden oberen Wasserschichten bleiben in kleineren Röstgruben vermöge ihres spezifisch leichteren Gewichtes dauernd über den kälteren tieferen geschichtet, sodaß Temperaturunterschiede von 10° gemessen werden können. Solche Bedingungen müssen natürlich ungünstige Wirkungen haben, wofern nicht lebhaftes Gärung und Aufsteigen der Gase doch etwas Bewegung in die Masse bringen. Die Anreicherung und Beschwerung des Wassers in der Tiefe mit verunreinigenden Beimengungen verschärft das Übel. Ein geringer Durchfluß von Wasser leistet schon viel Gutes.

In Italien und Ungarn, wo ganz überwiegend in stehenden Gewässern von Gruben und Gräben geröstet wird, treten diese Übelstände wohl kaum in Erscheinung, da die herrschenden hohen Tagestemperaturen das Röstwasser bis über die bei unseren Warmwasserrösten angewendeten Temperaturen er-

wärmen. Deshalb ist man im allgemeinen kaum berechtigt, in den südlicheren Ländern von einer Kaltwasserröste zu sprechen. Der *Bacillus felsineus*, der nach Carbones Angaben in allen untersuchten ländlichen Rösten Italiens gefunden wurde und dort hauptsächlich als Erreger tätig sein soll, hat sein Temperaturoptimum bei 37° C liegen, bedarf also, wenn er gegenüber anderen Bakterien sich lebhaft entwickeln soll, gewisser Wärmegrade. In nördlichen Gegenden darf die Temperatur nicht zu weit sinken, wenn die Pektin gärung nicht vollständig zum Stillstand kommen soll. Der Rösterreger fällt sonst in Bewegungsstarre und zeigt kein Wachstum und keine Pektinaseabscheidung mehr, oder das Enzym bleibt ohne Wirkung. Wie bei den meisten chemischen Reaktionen ist auch bei den hydrolytischen Spaltungen und anderen Umsetzungen die Wärmezufuhr von förderndem Einfluß. Bei 10° C wird man schwerlich eine Röste zu Ende bringen können. Dem Röstgut schadet die Kälte, auch wenn es sich schon in Gärung befindet oder vielleicht gerade dann, nichts, denn Erfahrungen haben gezeigt, daß vorübergehende, selbst länger andauernde stärkere Abkühlungen der in Gärung begriffenen Röstmassen durchaus nicht die Röste benachteiligt haben. Die gewonnene Faser schien sogar besonders gut zu sein. Vielleicht üben die Säuren eine konservierende Wirkung aus und verhindern das Auftreten falscher Gärungen.

Die übermäßige Ausdehnung der Röstdauer liegt aber gar nicht im Sinne des Rösters. Er wird daher nach Möglichkeit unter günstigen örtlichen Verhältnissen die wärmere Jahreszeit ausnützen müssen. Darum sind flache Gewässer geeigneter als tiefe. Flache Teiche mit einem geringen Zufluß von Wasser, das sich mit seiner Temperatur an die warme Luft anpaßt, können ausgezeichnete Resultate liefern. Fließendes Wasser, das viel Sauerstoff mit sich führt und auch sonst für die Röste geeignet ist, bietet so günstige Verhältnisse, wie sie sich auf künstlichem Wege kaum erreichen lassen.

Ausschlaggebend für die Beurteilung der Eignung von

Wasser zur Röste ist sein Gehalt an Eisen und der die Härte bestimmenden Stoffe wie Kalzium und Magnesium. Eisenhaltiges Wasser wird allgemein nicht gern von dem Praktiker zur Röste benutzt, da es die Farbe des Flachses, wie sich bei der Bleiche herausstellt, ungünstig beeinflusst. Auf die biologischen Vorgänge ist das Eisen, das sich in sauerstoffhaltigem Wasser nur in geringem Maße zu halten vermag, weniger von nachteiliger Wirkung. Kalzium und Magnesium kommen als Karbonate und Bikarbonate gelöst in verhältnismäßig großen Mengen vor und machen das Wasser hart. Offenbar sind sie auch von Einfluß auf die mikrobiologischen Vorgänge der Röste. Je weicher und reiner das Wasser ist, um so glatter und schöner geht sie vonstatten. Da man andererseits Karbonate oder Bikarbonate von Natrium, Kalzium und Magnesium mit Erfolg zum Abstumpfen der Säuren verwendet hat, liegen die Gründe dieses Befundes nicht ganz klar.

In verschiedenen Gegenden wird nach bestimmten Röstverfahren aber mit voller Absicht verunreinigtes Wasser oder solches, welches lösliche Mineralstoffe reichlich enthält, verwendet. Selbst das Wasser der Lys in Belgien soll trotz oder vielleicht gerade wegen seiner starken Verunreinigungen aus den französischen Fabrikorten besonders günstig zum Rösten sein.

Auch wäre hier die Schlammröste zu nennen, bei der der Flachs in Gruben oder Gräben mit Schlamm, Erde oder Grassoden bedeckt wird. Ungeachtet aller gegenteiliger Bedingungen für den Verlauf einer reinen durch viel und sauberes Wasser begünstigten Röste hat diese Methode in Teilen Flanderns und Hollands eine ziemliche Ausdehnung erfahren und erhält sich dort schon seit langer Zeit. Von der hier tätigen Mikroflora ist nichts bekannt, sie braucht aber im großen ganzen keine andere zu sein als bei der gewöhnlichen anaëroben Wasserröste. Der *Bacillus amylobacter* findet unter den günstigen anaëroben Verhältnissen in der Tiefe des Schlammes seine besten Fortkommensmöglichkeiten. Sauerstoff ist von vornherein weniger verfügbar und der Sauerstoffzutritt noch viel schwieriger als bei den Wasserröstverfahren. Um so be-

zeichnender ist die Gewohnheit, die Röste nicht in dem Schlamm oder den Gräben zu Ende gehen zu lassen, sondern nach Abwaschen das Fasergut feucht wie bei der Tauröste auszubreiten und es an der Luft fertig zu rösten, was meist längere Zeit in Anspruch nimmt. Während dieser Nachröste sind die anaëroben Röstbakterien vollständig außer Tätigkeit gesetzt, und dafür entwickelt sich allmählich eine aërobe Mikroflora, unter welcher sich auch Pektinzehrer befinden. Diese Flächse, welche an ihrer silbergrauen oder bläulichen Farbe leicht erkennbar sind, werden besonders wegen ihrer Geschmeidigkeit und Zartheit geschätzt.

Selbst in salzhaltigem Meerwasser, das auf die Entwicklung der Mikroben ohne schädlichen Einfluß bleibt, ist schon ohne besondere Nachteile geröstet worden. Nimmt man doch gerade künstliche Meersalzlösungen, um darin Züchtungen von Bakterien und anderen Organismen vorzunehmen.

Bei der Lysröste, welche dem Röster allgemein mit seinen vorzüglichen Rösterzeugnissen als Ideal der Kaltwasserröste vorschwebt, findet sich vieles verwirklicht, was als besonders günstig für eine gutgehende Röste hervorgehoben worden ist. Damit sind zum großen Teil ihre ausgezeichneten Wirkungen und das scheinbar Geheimnisvolle an ihr zu erklären. Die wissenschaftlichen Untersuchungen, welche über die Beschaffenheit des Lyswassers und über die Rösterreger vorliegen, haben nichts ergeben, was die Annahme berechtigte, es wären dort Kräfte ganz besonderer Art am Werke.

Als Röstbakterium ist von verschiedenen Forschern *Bacillus amylobacter* in seinen verschiedenen Varietäten festgestellt worden. Unter der Reihe der Umstände, denen die Lysröste ihren Ruf verdankt, ist die langsame Bewegung des Wassers zu nennen, die alle Vorteile des Auslaugens, der langsamen Fortführung der Bakterienstoffwechselprodukte und der ständigen Zufuhr geringer Mengen Sauerstoff mit sich bringt, ohne daß dabei die Gärungsvorgänge eine Unterbrechung erfahren. Auch den im Wasser gelösten Stoffen, welche aus dem ganzen Flußnetz herbeigebracht werden, und den Bestandteilen der reichlich zuströmenden Fabrik-

abwässer eines industriereichen Hinterlandes ist sicherlich ein nicht geringer Einfluß zuzuschreiben. Einer der besten Kenner der Lysröste hält ihr Wasser gerade wegen dieser Unreinlichkeiten für besonders geeignet.

Wenn allerdings in neueren Zeiten über den von den Fabriken stammenden Schmutz von seiten der Lysröster geklagt wird und die Flachsqualität zu leiden beginnt, so ist natürlich einmal das Maß dieser Verunreinigungen zu berücksichtigen, das irgendwo eine Grenze in seinen fördernden Wirkungen hat, dann aber vor allem auch die Art derselben. Die schwarze Farbe des Flachses, die er heute neben Einbuße an anderen Eigenschaften zeigen soll, scheint auf zunehmenden Eisengehalt hinzudeuten.

Besonders wertvoll ist die schwach alkalische Reaktion des Lyswassers. Röstversuche mit anderen alkalischen Stoffen zeigten immer eine vorzügliche Wirkung, wenn der Zusatz in so geringer Menge erfolgte, daß die anfänglich schwach alkalische Reaktion nicht die während der ganzen Röste zur Entstehung kommenden Säuremengen abzustumpfen vermochte. So günstig sie in bestimmter Dosis sein können, so sehr ist ein Zuviel davon wegen der leicht eintretenden Überröste zu fürchten. Gerade zu Anfang darf die Reaktion der Flüssigkeit nur sehr schwach sein. Diesen Anforderungen kommt das Wasser der Lys zweifellos nach, da die Hauptmenge der erzeugten Säuren schon durch die strömende Bewegung des Wassers entfernt und eine äußerst milde neutralisierende Wirkung von dem schwach alkalischen, sehr langsam fließenden Wasser ausgeübt wird. Ob die Entstehung der alkalischen Reaktion von in Lösung gegangenen Bodenstoffen oder von den der Zersetzung unterliegenden Unreinlichkeiten herrührt, ist noch nicht klargestellt.

Wenn auch in der Gegend der Röstereien das Lyswasser noch eine Unmenge Schmutzstoffe mit sich fortführt, haben doch die Fabrikabwässer einen weiten Weg zurückgelegt, auf dem sich die Hauptmasse der Unreinlichkeiten zu Boden senkt und in Fäulnis und Verwesung übergeht oder in dem fließenden Wasser

der Zersetzung anheimfällt. Hierbei mag sich eine leicht alkalische Reaktion bilden, die in Verbindung mit anderen frei werdenden Stoffen von günstigem Einfluß auf die Rösten im späteren Laufe des Flusses sind. Auch darf nicht übersehen werden, daß dabei eine besonders günstige artenreiche Nebenflora zur Entwicklung kommen kann.

Die besten Verhältnisse werden aber in der Lys zum Teil erst durch die Röstereien selbst geschaffen. Von der 75 km langen Strecke hat sich die obere und untere als weniger gut erwiesen, während gerade die Mitte sich als geeignet zur Erzeugung der besten und feinsten Flachse herausgestellt hat. Die Eigenart des Wassers bewirkt also wohl nicht alles, was die Lysröste berühmt gemacht hat. Im unteren Teil wirken offenbar die zur Anhäufung gekommenen Auslaugestoffe und Stoffwechselprodukte der Mikroflora sehr ungünstig auf die Gärungen ein, was nicht auffallend ist, wenn man berücksichtigt, welch große Flachsmengen oberhalb im Flusse geröstet werden. Die biologische Erneuerung des Wassers, für welche ein wichtiger Faktor die Geschwindigkeit der Wasserbewegung ist, geht langsamer vor sich, als durch neue Röstkästen wieder Abfallprodukte zugeführt werden.

Der ernstesten Beachtung wert ist die Doppelröste, welche an der Lys allgemein üblich ist, aber auch in Südholland gehandhabt wird. Hier glaubt man, durch die zweimalige Röste nicht nur eine feine Faser, sondern auch eine erheblich größere Ausbeute zu erzielen, während die Lysröster behaupten, zu dieser Art von Röste gezwungen zu sein. Tatsächlich hat man bei dem Versuch, mit einer einmaligen Röste auszukommen, bezüglich der gewonnenen Qualitäten schlechte Erfahrungen gemacht. Trotzdem geht die Ansicht, daß die erste Röste in der Lys nie vollständig sei, doch wohl zu weit. Wie denn überhaupt manche alt überlieferten Anschauungen der dortigen kleinen Flachsbauern, Röster und Großunternehmer auf falscher Ausdeutung der Tatsachen beruhen.

Jedenfalls ist der Wert der Doppel- oder intermittierenden Röste, bei welcher nach der ersten längeren Periode der nasse Röstflachs durch Aufstellen am Ufer in Kapellen längere

Zeit der Luft ausgesetzt wird, nicht zu unterschätzen. Schnelles Abtrocknen wird nach Möglichkeit verhütet und hierdurch das Gegenspiel von anaërober und aërober Mikroflora wieder aufgelöst. Die Gefahr des Überröstens beim zweiten Einbringen des Flachses in den Fluß ist sehr vermindert, weil während der Einwirkung des Luftsauerstoffes die vegetativen Keime des Rösterregers mehr oder weniger vernichtet sein müssen. Die sich aus den Sporen neu entwickelnde Röstflora wird sich dort, wo die Auflösung der Pektinstoffe zurückgeblieben ist, besser und schneller ausbreiten als an den anderen Stellen. Bei gleichmäßigerem Durchrösten und geringerer Gefahr des Überröstens kann aber der Flachs weiter ausgeröstet werden. Wenn auch die Ausbeute dabei heruntergeht, wird dieser Nachteil doch durch größere Zartheit und Güte der Faser ausgeglichen. Der Röster von Kortryk sagt, durch die zweite Röste käme der Gummi in den Flachs, d. h. er wird geschmeidig, zart und glänzend, so wie es von einer erstklassigen Ware verlangt wird.

Auf das zur Lysröste benutzte Ausgangsmaterial, die Arbeitsmethoden und die geschulten Arbeitskräfte, welchen ebenfalls die Herstellung der berühmten Courtraiflächse zu verdanken ist, einzugehen, würde uns hier zu weit führen. Die Röstperiode an der Lys geht vom 15. April — 15. Oktober, reicht also selbst in dem milderen Klima Belgiens in recht kalte Jahreszeiten hinein. Von nachteiliger Wirkung der niedrigen Temperatur scheint nichts bekannt zu sein.

#### Aërobe Röste.

**Rossi-Röste.** Die aërobe Röste, welche von dem Italiener G. Rossi erfunden und auch schon in verschiedenen Ländern, wie Frankreich, England und neuerdings Jugoslawien, in die Praxis eingeführt wurde, ist eine Warmwasserbassinröste, bei welcher dauernd ein Luftstrom durch die gesamte Masse geschickt wird, um die in Form einer besonderen Impfflüssigkeit zugesetzten sauerstoffbedürftigen Pektinzehrer in Tätigkeit zu erhalten. Alle an-

deren Wasserrösten, bei denen das Röstgut vorübergehend der Luft ausgesetzt oder täglich kurz durchlüftet wird, fallen nicht unter die aërobe Röste, da die geringen Sauerstoffmengen nicht genügen, um den aëroben Bakterien Wachstum und Vermehrung in dem Maße zu gestatten, daß sie als Rösterreger in Betracht kommen. Trotz Sauerstoffzutritts oder kurzer Durchlüftung findet sich daher stets das anaërobe Bacterium wieder, auch wenn es durch zeitweilige größere Sauerstoffmengen in seiner Entwicklung gestört wurde.

Die Aëroben, von denen wir bei der anaëroben Röste in der Gruppe der aëroben sporenbildenden Bakterien die wichtigsten kennen gelernt haben, und zu denen auch der von Rossi in der Hauptsache benutzte *Bacillus Comesii* in engster Verwandtschaft steht, bedürfen, wenn ihnen das Rösten zufallen soll, reichlicher Sauerstoffmengen. Die vom Boden des Bassins aus den Poren eines ausgebreiteten Röhrensystems durch Druck herausgepreßten und ununterbrochen aufsteigenden Luftblasen genügen, um dem Wasser ausreichende Mengen Sauerstoff zuzuführen. Die Stärke des Luftstromes läßt sich leicht regulieren. Da die aëroben Rösterreger eigentlich nicht im Wasser ihren Standplatz haben, sondern im Erdboden und an der Wasseroberfläche, überhaupt überall, wo Pflanzenteile an der Luft in Zersetzung übergehen, ist ihre Empfindlichkeit gegen ungenügende Luftzufuhr wohl zu verstehen. Man muß eher befürchten, daß ihre Vermehrung und Tätigkeit in der Röste zu schwach bleibt, als daß die gewöhnlichen anaëroben Rösterreger durch die stärkere Luftzufuhr unterdrückt werden. Von einer wirklich aëroben Röste können wir also nur sprechen, wenn soviel Luft in das Röstbassin geblasen wird, daß gegenüber dem anaëroben Bacterium der aërobe Rösterreger stark in den Vordergrund geschoben wird.

Rossi impft die Röstmasse mit Vorkulturen des *Bacillus Comesii*, welche ohne Schwierigkeiten mit Hilfe der von ihm in zugeschmolzenen Rührchen verschickten Aufschwemmungen hergestellt werden kann, oder auch mit *Bacillus*

Comesii und *Bacillus Kramerii* zusammen. Nach Erwärmung der Röstmasse wird die aus den Vorkulturen gesammelte Flüssigkeit einfach in das Bassin gegossen und der Luftstrom in der Stärke hindurchgeschickt, daß auf den Bottich von 50 cbm Inhalt in der Minute 200 l Luft kommen.

Unter diesen von der anaëroben Röste so verschiedenen Bedingungen muß auch der Verlauf der Gärungen ein anderer sein. Die aëroben und fakultativ anaëroben Organismen werden einseitig gefördert und die anaëroben gehemmt. Bei der von Rossi durchgeschickten Luftmenge geschieht dies allerdings nur in sehr mangelhafter Weise. Wird dagegen der Luftstrom verstärkt, so treten die von der anaëroben Röste her bekannten Organismen, welche aber nur zu Anfang der Gärungen oder in der Kahlhaut zu finden waren, in der Flüssigkeit selbst auf. Die Fluoreszenten entwickeln sich neben dem *Bacterium coli*, die aërobe sporenbildende Bakteriengruppe, Hefen und selbst *Oidium-* und *Mycoderma*-Arten treten in größeren Mengen auf. Auch tierische Organismen, wie Ziliaten und Flagellaten, und die sauerstoffbedürftigen Schimmelpilze finden sich manchmal in recht starker Entwicklung.

Die Reaktion der Röstflüssigkeit ist dann nicht mehr sauer, sondern neutral oder alkalisch je nach Menge des zugeführten Sauerstoffes. Organische Säuren vermögen sich nicht mehr zu bilden. Die alkalische Reaktion entsteht durch Freiwerden von Kalium und Natrium, die mit der durch Atmung der Mikroben erzeugten Kohlensäure alkalisch wirkende Carbonate und Bikarbonate bilden. Auch die Entstehung von Stickstoffverbindungen vermag die alkalische Reaktion zu fördern. Unter solchen Verhältnissen muß ein anderes Faserprodukt entstehen. Doch geht Rossi nicht soweit mit der Durchlüftung. Seine Rösten zeigen eine saure Reaktion, ein Beweis, daß die anaëroben Rösterreger noch zur Geltung kommen. Immerhin zeigt die sich in kurzer Zeit an der Oberfläche bildende hohe Schaumschicht, daß der zugesetzte aërobe Rösterreger seine Tätigkeit aufgenommen hat. Die Vorzüge, die Rossi seinem Verfahren zuschreibt,

bestehen in einer kurzen Röstdauer (2 bis 3 Tage). Entwicklung eines nur schwachen und nicht unangenehmen Geruches, sehr weitgehendem Ausschalten der Gefahr der Überröste, gleichmäßigem Durchrösten des gesamten Materials und verringelter Schädlichkeit der Abwässer.

Die kurze Röstdauer beweist, daß die durch den Luftstrom herbeigeführte dauernde Bewegung des Röstwassers und die Schaumbildung die aërobe Pekingärgung nicht zu hemmen vermögen. Stärkere Bewegungen stören dagegen die biologischen Vorgänge und schieben ihr Ende merklich hinaus. Die stetige Durchmischung des Wassers fördert die Gleichmäßigkeit der Röste. Die verringerte Gefahr des Überröstens steht in Zusammenhang mit der Reaktion der Flüssigkeit, die entsprechend der Luftzufuhr weniger stark sauer ist. Man kann also die Säurebildung ganz ausschalten und damit erreichen, daß ohne Anzeichen der Überröste einzelner Flachsteile auch das widerstandsfähigste Material fertig geröstet wird.

Ob die erzielte Faser einer solchen Röste aber an Glanz und Geschmeidigkeit mit derjenigen unserer anaëroben Röste konkurrieren kann, ist fraglich. Es scheint immer eine gewisse Menge Säure notwendig zu sein, um „die Gummistoffe in den Flachs hineinzubringen.“ Glanz, Weichheit und Geschmeidigkeit der Faser bedürfen noch sehr der wissenschaftlichen Untersuchung sowohl hinsichtlich der Ursachen als auch der Möglichkeiten ihrer Erzeugung. Die Röste und die unmittelbar nachfolgenden Behandlungen sind hierbei vielleicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Auch die Geruchsverminderung bei der Rossischen Methode beruht z. T. auf der schwächeren Säurebildung, d. h. auf der Förderung der oxydativen Zersetzungen. Die übelriechende Buttersäure kommt sehr viel weniger auf oder fehlt je nach Stärke der Luftzufuhr ganz. Der aërobe Rösterreger erzeugt keine Buttersäure. Die anderen im Geruch teilweise noch schlimmer wirkenden Zersetzungsprodukte der anaëroben Röste fallen ebenfalls weg.

Der Geruch einer mit wenig Säurebildung verbundenen Rossi-Röste ist daher weniger auffallend und weniger schädlich.

Ein in manchen Fällen sehr in die Wagschale fallender Vorteil der aëroben Röste ist zweifellos die geringere Schädlichkeit ihrer Abwässer gegenüber denen der anaëroben Röste. Letztere geben Anlaß zu Klagen nicht nur wegen ihres lästigen Geruches, sondern noch häufiger wegen der Verunreinigung der Gewässer, die unbrauchbar für Fischereien und andere gewerbliche Zwecke werden. Der hohe Säuregehalt der anaëroben Röstwässer hemmt eine rasche biologische Reinigung. Den sich auf natürliche Weise bildenden organischen Säuren kommt eine gewisse konservierende Wirkung zu. Darauf beruhen die Mißerfolge, unmittelbar zum Abfluß kommende Röstwässer in biologischen Tropf- oder Füllkörpern zur Reinigung zu bringen, obwohl die zu zersetzenden Stoffe hier auf Sand, Kies, Schlacken oder Koks in möglichst großer Oberfläche der Luft ausgesetzt werden. Die bei der anaëroben Röste entstehenden Wässer haben zur Weiterzersetzung der von ihnen mitgeführten gelösten und ungelösten Stoffe durch aërobe Organismen viel Sauerstoff nötig. In den biologischen Tropf- und Füllkörpern geht aber die Entwicklung der aëroben Mikroflora unter dem Einfluß der Säuren nur langsam vonstatten. Außerdem sind die Mengen Abwässer so groß, daß jene Maßnahmen zu ihrer Beseitigung kaum in Frage kommen. Durch vorheriges Abstumpfen der Säuren mit Kalk läßt sich eher ein Resultat erzielen.

Die Vorbedingungen für die Fäulnisfähigkeit der Abwässer aërober Rösten sind von vornherein gegeben. Die dauernde Sauerstoffzufuhr hat die Zersetzungsvorgänge viel weiter gebracht als bei der anaëroben Röste. Es liegen also verhältnismäßig weniger Stoffe vor, die der Fäulnis und Verwesung bedürfen. Auch die übrig gebliebenen Stoffwechselprodukte der Mikroben sind an der Luft leichter dem weiteren Abbau zugänglich. Säuren sind nur in geringerer Menge vorhanden oder fehlen ganz. Das Abwasser enthält noch genügend Sauerstoff, dessen es

aber auch nicht mehr in dem Maße bedarf wie das der anaëroben Röste, die eine Menge stark Sauerstoff absorbierender Substanzen bildet. Die Reinigung neutral reagierender Abwässer in biologischen Tropf- oder Füllkörpern ist ein Leichtes.

Doch wird im allgemeinen wohl die Ableitung der Röstwässer in Bäche, Flüsse oder Seen erfolgen. Hier sind es die Größe und Art des aufnehmenden Gewässers, des „Vorfluters“, welche den Grad der biologischen Selbstreinigung bestimmen. Er hängt von der Menge des mitgeführten Wassers ab und berechnet sich aus dem Querschnitt des Strombettes und der Geschwindigkeit der Wassermengen. Von großem Einfluß ist ferner die absorbiert gehaltene Sauerstoffmenge. Je stärker das Gefälle und je unebener das Strombett ist, um so besser finden die ständig mit der Luft in Berührung kommenden und sich mit ihr mischenden Wassermengen Gelegenheit, Sauerstoff aufzunehmen. Sie sind ganz besonders befähigt, sich innerhalb kurzer Zeit so weit wieder von den aufgenommenen Schmutzstoffen zu befreien, daß sie denselben Reinheitsgrad wie vorher erreichen. Die fäulnisfähigen Abwässer müssen nur in einer gewissen Verdünnung eingeleitet werden, um sehr schnell ihre üblen Eigenschaften zu verlieren. Aërobe Röstwässer sind also in jeder Beziehung weniger schädlich und leichter der biologischen Selbstreinigung zugänglich als die anaëroben.

Konzentrierte Röstwässer müssen nach gesetzlicher Vorschrift, wenn sie in Flußläufe geleitet werden sollen, geklärt oder bis zu einem gewissen Grade verdünnt sein. Hierfür lassen sich keine allgemein gültigen Paragraphen aufstellen, sondern es muß je nach Art der Vorfluter und der abzuleitenden Wässer von Fall zu Fall entschieden werden. Aërobe Röstabwässer wären danach bedeutend milder zu beurteilen. In besonderen Fällen müssen erst Kläranlagen verwendet werden, die Schmutz- und Senkstoffe zum größten Teil entfernen. Die Behörden berücksichtigen bei Erteilung der Erlaubnis zum Einleiten von Abwässern in Flüsse auch sehr

die Anlieger am Unterlauf und die Benutzung des Wassers auf viele Kilometer hin. Dabei kommt es auf die Art der Abwässer an, besonders wenn es sich um sanitäre Gesichtspunkte handelt.

Eine besondere Verwendungsart der Abfallstoffe von Rösten ist die zu Düngezwecken. Säurehaltige Wässer müssen zwar erst durch Kalk abgestumpft werden, da sie das zarte Wurzelwerk oder die empfindlichen Wurzelhaare sonst schädigen. Ferner sind landwirtschaftlich-bakteriologische Gesichtspunkte bei der Verabreichung leicht zersetzlichen Düngers in Betracht zu ziehen. Auf den wiesenartigen Trockenplätzen an der Lys findet unter dem fortgesetzten Einfluß der von dem nassen Röstflachs abtropfenden Wässer ein üppiges Graswachstum statt, das durch Auftreiben von Vieh zu guter Verwertung gelangt.

### Landrösten.

In deutlichem Gegensatz zu allen Wasserrösten steht die auf dem Lande durch Ausbreiten des Flachses oder Hanfes in dünner Schicht auf besonders dazu geeigneten Flächen ausgeübte Landröste. Nicht nur die äußerlichen Merkmale, sondern damit in Zusammenhang auch die mikrobiologischen Vorgänge und das Erzeugnis unterscheiden die Landröste von der Wasserröste. Sie ist von allen Verfahren am einfachsten und billigsten ausführbar. Besonders kleine Flachsanbauer haben sich schon von jeher dieser Methode bedient, um die für ihren Haushalt nötigen Flachsmengen zu beschaffen. Unter dem Druck wirtschaftlicher Verhältnisse gehen aber heute auch größere Betriebe wieder mehr zur Ausnutzung der durch die Landröste gegebenen Vorteile über, wenn sich ihnen günstige Gelegenheiten bieten. Weite Flächen, geeigneter Untergrund, günstige klimatische Verhältnisse und leicht beschaffbare Arbeitskräfte sind dabei von Wichtigkeit. Langjährige Erfahrungen gehören zur Landröste in mindestens ebenso hohem Maße wie zur Wasserröste. Sie sind schwieriger zu sammeln, weil andere Mikroorganismen dabei beteiligt sind und meteorologische und Bodenverhältnisse der jeweiligen Gegend eine große Rolle spielen.

Die Landröste wird zu allen Jahreszeiten ausgeübt, doch bringen Frühjahr und Herbst die bei weitem geeignetsten Bedingungen und werden in vielen Gegenden allein ausgenutzt. Die abends und nachts sich niedersenkende Feuchtigkeit, die sich frühmorgens in gleichmäßiger Weise auf den unmittelbar über dem Boden erhebenden Gras und Pflanzenteilen ausbreitet und beim Wiederaufsteigen vom Boden bis zur Tröpfchenbildung an ihnen verdichtet, schafft die günstigsten Voraussetzungen für die Entwicklung der bei der Landröste wirksamen Organismen. Man spricht daher im allgemeinen nur von der Tauröste. Den Jahreszeiten entsprechend unterscheidet man die Winterland-, die Tau- und die Sommerlandröste, und dies mit Recht, da sich die Mikroflora unter dem Einfluß der Temperatur und der Niederschläge auf Flachs und Hanf verschieden entwickelt. Mit ebensoviel Berechtigung verwendet man auf den Untergrund sich beziehende Namen wie Rasenröste, denn die Art des Untergrundes ist von sehr großer Bedeutung bei dem Ausfall der Landröste und wird häufig gar nicht oder nicht genügend berücksichtigt.

Die Hauptgründe, welche zur Entwicklung einer ganz anderen Röstflora auf dem in Tauröste liegenden Flachs oder Hanf führen, sind der Aufenthalt im Freien und verhältnismäßig geringe Feuchtigkeitsmengen. Bakterien können sich bei einem bloß feuchten Zustande des Stengels nicht genügend vermehren und ausbreiten, hindern sich durch ihre eigenen Stoffwechselprodukte, die nicht wie bei der Wasserröste in die umgebende Flüssigkeit austreten können, und sind unter solchen Umständen auch nicht befähigt, in das Stengellinnere einzudringen.

Die Faden- oder Schimmelpilze, welche als Rösterreger bei der Tauröste allein oder doch vorwiegend in Frage kommen, sind auf Grund ihrer Lebensweise und Organisation imstande, dann zu wachsen und sich durch Bildung von Fruchtkörpern und direkte Abschnürung von Sporen an den Pilzfäden zu vermehren. Die ständig an der Spitze fortwachsenden Pilzschläuche breiten

sich an der Oberfläche des Pflanzenkörpers aus, dringen durch die zahlreichen in der Oberhaut befindlichen Spaltöffnungen oder durch Risse in das Rindengewebe ein und verbreiten sich, indem sie auch dort jede Spur von Feuchtigkeit begierig an sich ziehen. Bei ihrem Vordringen erschließen sie sich immer neue Quellen von Nährstoffen, zu denen auch die im Stengel und in den Zellen vorhandenen Feuchtigkeitsmengen gehören.

Das Mycel wächst im allgemeinen interzellulär, d. h. zwischen den Zellen, ohne in dieselben einzudringen. Trotzdem vermögen sie die innerhalb derselben liegenden Stoffe auszunützen, indem sie sie, vielleicht unter vorheriger Abscheidung verdauender Enzyme, nach Bedarf aus ihnen herausziehen. Die Pilzschläuche dringen nicht bloß in den im parenchymatischen Gewebe verteilten Interzellularräumen vor, ein echter Saprophyt und Röstpilz sendet seine Fäden ebenso zwischen die eng aneinander schließenden Zellen, löst die zum großen Teil aus Pektinstoffen bestehende Mittellamelle zwischen ihnen und verwendet die dabei freiwerdenden Nährstoffe. So wird das Gewebe leicht von ihm zerlegt und die Fasern, an denen er entlang wächst, so weit freigelegt, daß sie hernach auf mechanischem Wege herausgelöst werden können. Die mikroskopische Betrachtung des Schwungflachses läßt häufig noch das fest angeschmiegte zellenreiche Mycel erkennen. Die Hyphen, deren fortwachsende Teile noch zart und ungebräunt sind, weil sie hauptsächlich dem Stoffwechselaustausch dienen, müssen also in ähnlicher Weise wie die Röstbakterien das zur Pektinlösung notwendige Enzyme, die Pektinase abscheiden, um nachher die einfacheren und löslichen Hydrolyseprodukte zu resorbieren und als Betriebsstoffe für ihren Organismus zu verwenden. Die Zersetzung der Pektinstoffe und das Auftreten von reduzierenden Zuckerarten ist bei Züchtung der Pilze unter künstlichen Bedingungen und Darbietung reiner Pektinstoffe nachgewiesen worden.

Als ausgesprochen sauerstoffliebende Organismen erzeugen sie bei ihrem Stoffwechsel nicht die von den anaëroben Bak-

terien in so großen Mengen hervorgebrachten organischen Säuren. Sie benutzen diese eher, wenn sie nicht in zu starker Lösung vorliegen, um aus ihnen ihren Kohlenstoffbedarf zu decken und bringen dadurch eine saure Reaktion zum Verschwinden. Die Fasern eines tangerösteten Flachses werden also in dieser Beziehung selbst bei der künstlichen Trocknung weniger leiden. Doch wird dieser Vorteil durch andere große Nachteile, die die Tauröste mit sich bringen kann, wieder aufgehoben.

Als weiterer Grund für die Verursachung der Tauröste durch Pilze statt durch Bakterien ist die luftige Umgebung des Flachses anzusehen, die bei dem dauernden Wechsel in der Zufuhr von Feuchtigkeit, von Tau oder Regen, und völligem Austrocknen zumeist der Höhe des Sauerstoffdruckes der freien Atmosphäre gleichkommt. An eine Entwicklung anaërober Rösterreger ist unter solchen Umständen, selbst begünstigt durch Symbiose mit sehr sauerstoffliebenden Mikroben, nicht zu denken. Vertreter dieser Flora sind neben den röstenden Schimmelpilzen auf Tauröstflachs häufiger zu finden, so die von der Wasser- röste her bekannten Hefen, *Bacterium coli* und Mikrokokken. Der sonst so leichte Nachweis des *Bacillus amylobacter* und seines Formenkreises gelingt auf rein mikroskopischem Wege nicht, vielleicht weil man es hier mit seinen glykogenfreien und nicht sporenbildenden Sauerstoffformen zu tun hat, von denen auch Beijerinck bei seinem *Granulobacter pectinovorum* spricht.

Selbst die Entwicklung aërober Röstbakterien ist bei dem geringen Feuchtigkeitsgrad der Tauröste so gut wie ausgeschlossen. Die Keime kommen zwar unter günstigen Bedingungen auf dem Flachstengel oder in demselben zur Vermehrung und führen sogar in besonders angelegten Versuchen, wo der Flachs in Wasser eingetaucht eben von ihm bedeckt ist oder auch teilweise aus demselben herausragt, die Röste mit derselben Energie aus wie die anaëroben Bakterien. In solchem Falle besteht aber mehr eine aërobe Wasserröste als eine Tauröste. Wenn der Flachs in richtiger Weise

auf einer Narbe aus trockenem, niedrigem Gras, Heidekraut oder ähnlichem aufliegt, erfüllen sich die Bedingungen zur regen Beteiligung der aëroben Bakterien trotz reichlicher Niederschläge nicht.

Fast die einzigen wichtigeren Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Tauröste sind die kurzen Untersuchungen von Behrens. Bedauerlicherweise haben andere Forscher, die sich wohl eingehend mit der Wasserröste beschäftigt haben, die Tauröste mit wenigen Worten abgetan und zwar zum Teil wie die holländischen Forscher Beijerinck und van Delden mit der Begründung, daß die auf diesem Wege gewonnenen Flächen nur eine geringe Qualität ergäben. Diesem Urteile, das vielleicht für gewisse örtliche oder klimatische Verhältnisse und für einzelne Länder zutrifft, stehen von erfahrenen Praktikern ebenso gewichtige Anschauungen gegenüber, wonach die Tauröstflächen besonders beliebt und sogar denen der Wasserröste überlegen sind. So war der aus den nördlichen, waldreichen Gegenden Rußlands eingeführte Flachs bekannt wegen seiner guten Faser, die aber durch das Lichterwerden der dortigen Wälder sehr nachgelassen haben soll.

In diesen verschiedenen Meinungen braucht durchaus kein Widerspruch zu liegen, er erklärt sich vielleicht schon mit der Mannigfaltigkeit der Pilzflora der einzelnen Gegenden, über die wir noch wenig unterrichtet sind. Wie der Fall des nordrussischen Tauröstflaches zu beweisen scheint, können meteorologische Bedingungen grundlegende Veränderungen herbeiführen. Im Gegensatz zu der Wasserröste, für die überall das gleiche amylobacterartige, wenn nicht identische, so doch in sehr enger Verwandtschaft mit ihm stehende Bacterium als Rösterreger festgestellt worden ist, haben wir bei der Tauröste mit einem stärker in die Erscheinung tretenden Wechsel der eigentlichen röstenden Mikroflora zu rechnen.

Wir kennen eine Reihe von Röstpilzen, von denen der jeweilig energischste in den Vordergrund tritt. Da die Pilze aber bezüglich der Überröste und der

Zelluloselösung stark voneinander abweichende Eigenschaften besitzen, muß die Tauröste auch verschieden ausfallen. Hinzu kommt, daß je nach der Jahreszeit unter dem Einfluß erheblicher Temperaturunterschiede, der Sonnenbestrahlung oder der Belichtung, des Wechsels zwischen Befeuchtung und Austrocknung andere Pilze die Oberhand gewinnen und ein anderes Ergebnis liefern. Schließlich wird von solchen Umständen ebenso gut die Art und Stärke der Nebenflora beeinflusst, nicht ohne ihrerseits direkt oder indirekt auf die Röste einzuwirken.

Die Tauröste kann also nie so gleichmäßig wie die Wasserröste zum Ablauf gebracht werden und zwar schon an ein und demselben Platze ungeachtet der verschiedenen Länder und Gegenden, die selbstverständlich voneinander abweichende Verhältnisse schaffen. Wenn auch bei der Wasserröste die Beschaffenheit des Wassers und sein Einfluß auf die Mikroflora nicht zu unterschätzen ist, liegen doch die Verhältnisse bei der Tauröste, wo die biologischen Vorgänge den Witterungsumschlägen ausgesetzt sind, sehr viel ungünstiger.

Die Keime der Röstpilze sitzen in derselben Weise wie die der Röstbakterien den Flachs- und Hanfstengeln, welche vom Felde kommen, auf. Ihre Sporen lassen sich auch in der Luft nachweisen, in der sie sich schwebend zu erhalten vermögen. Durch Übertragung aus der Luft ist also jederzeit eine Infektion der Pflanzenstengel schon auf dem Felde möglich, vor allem bei stärkerem Winde, welcher die trockenen Sporenmassen der pilzigen Rasen feucht gewesenen Pflanzenmaterials aufwirbelt. Gerade die Sporen von *Cladosporium herbarum*, das bei der Tauröste ganz vorwiegend oder fast allein auftreten kann, sind bei Luftanalysen zahlreicher als die anderer Schimmelpilze gefunden worden. Auf feucht gehaltenen Flachs- und Hanfstengelabschnitten kann man die Zahl der in Form kleiner Pilzlager zur Entwicklung kommenden Keime ungefähr abschätzen und gleichzeitig oder besser in einem etwas späteren Stadium die Art der Pilze feststellen.

Was ihnen an Zahl abgeht, ersetzen sie durch die Geschwindigkeit, mit der sie sich vor allem an der Oberfläche der Pflanzenstengel ausdehnen. Nicht alle Pilze, welche anfänglich zu beobachten sind und gutes Wachstum zeigen, sind auch nachher anwesend und bei den auf und in den Stengeln sich abspielenden biologischen Vorgängen tätig. Andererseits tauchen zum Schluß häufig Pilze auf, welche sich vorher der Beobachtung entzogen haben. Es tritt also hier unter den Pilzen ebenso wie bei der Wasserröste eine Metabiose in Erscheinung, und zwar zum Teil schöner und deutlicher, weil sie sich dem bloßen Auge durch verschiedene Färbung des Mycels, durch Fruchtträger oder dichteres und lockereres Gewebe der Hyphen erkennbar macht. Von einer Symbiose, die bei der anaëroben Wasserröste eine große Rolle spielt, ist dagegen nichts zu bemerken. Kleinere, eng begrenzte schleimige Stellen auf den Stengeln deuten Bakterienwachstum an.

Auch bei der Tauröste können die in dem Rindengewebe des Faserstengels vorliegenden leicht zersetzlichen Substanzen, wie Zucker, Eiweißstoffe und andere Körper, anfänglich einer Reihe von Mikroorganismen Entwicklungsmöglichkeiten bieten, die mit dem Röstvorgang selbst nichts zu tun haben, also eine typische Begleitflora darstellen. Hefen, Oidien und Bakterien der verschiedensten Art sind hier zu nennen. Ebenso kann man nicht von allen Schimmelpilzen behaupten, daß sie am Rösten erheblich beteiligt sind. Namentlich zu Beginn der Entwicklung der Mikroorganismen auf den Stengeln steht ihnen noch die Wahl frei, mehr den zuckerreichen Inhalt der Zellen als die Pektinstoffe zur Ernährung zu bevorzugen. Um aber zu dem Zellinhalt zu gelangen, müssen die Hyphen des Pilzes sich zu ihnen heranarbeiten und stetig weiter wachsen, wenn sie neue Nahrung finden wollen.

Die Haupterreger der Tauröste sind ebensogut von Anfang an unter den sich auf den Stengeln entwickelnden Mikroben wie andere für die Röste gleichgültigere Organismen. Schon hierin liegt ein Unterschied gegen die Wasserröste, deren Röstbakterien erst von einem bestimmten biologisch festgelegten Punkte ab, in merklicher Weise überhaupt nur

innerhalb des Stengels, zur Entwicklung kommen. Es lassen sich daher bei der Tauröste trotz gewisser metabiotischer Vorgänge keine deutlich voneinander trennbaren Phasen feststellen.

Behrens hält für den typischen Rösterreger in wärmeren Jahreszeiten den *Rhizopus nigricans* (früher *Mucor stolonifer* genannt), in den kälteren Jahreszeiten bei der Winterlandrotte den *Mucor hiemalis*. Sie zeichnen sich insofern als echte Pektinstoffzehrer aus, da sie nicht wie andere bei der Tauröste auftretende Pilze, *Cladosporium*, *Botrytis* und vielleicht *Aspergillus*, Zellulose lösen und die Fasersubstanz selbst angreifen können. Das neben den *Mucor*-Arten häufig auftretende *Cladosporium herbarum* hält jener Autor dagegen für weniger von Bedeutung. Hierzu ist zu bemerken, daß Behrens eigentlich nur die Erreger der Tauröste von Hanf feststellte, diese allerdings zwar auch als befähigt zur Tauröste von Flachs fand.

Hanf- und Flachssorten verschiedener Gegenden oder Herkunft sind noch nicht untersucht worden. Es läßt sich aber nachweisen, daß auf verschiedenem Material nicht immer dieselbe Pilzflora bei der Tauröste aufkommt, dann aber auch, daß in den weitaus meisten Fällen *Cladosporium* von vornherein das Übergewicht hat. Wenn *Mucor* anfänglich stärker auftritt, so ist die Wachstumsenergie von *Cladosporium* meist derartig, daß es bald die anderen Pilze überwuchert und verdrängt. Vor allem dringt *Cladosporium* aber mit seinen Hyphen schneller und unter stärkerer Verbreitung in die Tiefe des Gewebes bis zum Holzkörper vor, wo es sich ebenfalls entwickelt. Die *Mucor*-Arten sind ihm in dieser Eigenschaft unterlegen. Andererseits wird durch die Tätigkeit von *Cladosporium* die Gefahr der Überröste vergrößert. Gleichmäßiger und starker Feuchtigkeitsgehalt der Luft und des Faserstengels können ein Überrösten so fördern, daß der Punkt der Röstreife kaum faßbar ist. In dem wechselnden An-

feuchten durch Tau oder Regen und dem mehr oder minder starken Verdunsten der Wassermengen liegen während der Frühjahrs- und Herbstperiode offenbar so günstige Bedingungen für die Tätigkeit der Röstpilze, daß sie dann nur reinen, unverholzten Pektinstoff angreifen, und dadurch sehr gute Röstergebnisse erzielt werden. Die Art der Zufuhr von Feuchtigkeit und die Menge derselben ist bei der Tauröste von mindestens ebenso großer Bedeutung wie die des Sauerstoffes bei der anaeroben Wasserröste.

Günstige Feuchtigkeitsverhältnisse sind abhängig von der richtigen Wahl des Untergrundes oder, wie der Praktiker sagt, des Röstbettes für die Tauröste. Von trockenem Gras, wie *Apera-* und *Agrostis*-Arten, oder von Heidekraut bestandene Flächen eignen sich gut, dagegen sind mit frischem Gras dicht bewachsene zu vermeiden. Erstgenanntes Röstbett bedingt einesteils eine gleichmäßige Anfeuchtung des Flachsens durch Tau oder Regen, anderenteils findet aber auch die Verdunstung des Wassers besser, d. h. stärker und in gleichmäßigerer Weise statt. Nicht zu vermeidende Unregelmäßigkeiten können durch Wenden des Flachsens ausgeglichen werden. Auf dem Boden selbst soll der Flachs nie liegen, denn ein nasser und feuchter Untergrund würde sehr leicht zu unabwendbarem Schaden führen. Deshalb ist man ganz davon abgekommen, den Flachs wie vorgeschlagen direkt auf dem Felde, wo er gerauft wurde, in Tauröste zu legen. Ein humoser Boden hält die Feuchtigkeit zu lange und gibt sie dem unmittelbar aufliegenden Flachs dauernd von unten her ab, während der obere durch Winde getrocknet in starkem Kontrast dazu steht. Ein unter günstigen Temperaturverhältnissen sehr schnell eintretendes teilweises Überrösten und andererseits ein völliges oder starkes Hemmen des Röstprozesses müssen einen großen Verlust an Qualität ergeben.

Ein Ackerboden ist aber als Untergrund auch deshalb von Schaden für den Tauröstflachs, weil bei stärkeren Niederschlägen Erde und mit ihr Keime auf die Flachsstengel gespült werden. Der Flachs verdirbt dann sehr leicht und schnell.

Ob da mehr die Bodenstoffe indirekt wirken oder besondere Organismen, steht dahin. In dieser Beziehung ist der sterile Heide- und Sandboden unschädlich.

Im allgemeinen sind Zellulose lösende Organismen bei der Überröste dieses Pflanzenmaterials nicht tätig. Bakterien kommen nicht in Frage entweder, weil keine anaeroben Verhältnisse gegeben sind, welche die Methangärung veranlassen könnten, oder weil die betreffenden Stickstoffsubstanzen, welche aerobe Bakterien benötigen, nicht vorliegen. Die einzigen bei der Tauröste für die Zellulosezersetzung in Betracht kommenden Organismen sind die Pilze. *Cladosporium* ist unter ihnen als Vergärer bekannt, greift aber höchstwahrscheinlich nicht die Zellulose des durchnäßten Faserstengels an. Viel eher beruht die Überröste auf der Zerstörung der verholzten Mittellamellen der Bastfaserzellen, die vielleicht infolge zu starker Quellung dem Einfluß des Pektin lösenden Enzyms weniger Widerstand entgegenzusetzen vermögen. Der Vorgang der Überröste gleicht also ganz dem bei der Warmwasserröste durch Bakterien.

In beiden Fällen wird in der Literatur von Zellulosezerstörung gesprochen, ohne daß Beweise dafür erbracht wären. Auch bei der Tauröste tritt die Überröste innerhalb zu kurzer Zeitspanne ein, als daß das außerordentlich widerstandsfähige Zellulosemolekül schon angegriffen sein könnte. Zum andern läßt sich das Eindringen der Hyphen von *Cladosporium* bei überröstetem Flachsch zwischen die Einzelzellen der Bastfasern in die Mittellamellen mikroskopisch direkt feststellen. Zweifellos ist diese Eigenschaft des Röstpilzes eine große Schattenseite, zumal da man die Witterungsverhältnisse, einen Hauptfaktor der Tauröste, nicht in der Gewalt hat.

Ein anderer Nachteil des Tauröstflachses ist sein häufig schwärzlich-fleckiges Aussehen, welches von dem dunkelbraun bis schwarz gefärbten Mycel, Gemmen und Sporen von *Cladosporium* herrührt. Diese sitzen so fest auf der Faser

daß sie sich selbst beim Schwingen und Hecheln nicht ablösen. Sie sind auf dem schwärzlich gefärbten Flachs jederzeit leicht nachweisbar. Aber auch hellere Flachssorten zeigen diese Überreste des Tauröstpilzes, sodaß die Herkunft der Faser selbst von einem ungeübten Untersucher leicht feststellbar ist. Feinheiten lassen sich durch Anwendung besonderer Färbemethoden und mikroskopischer Verfahren darstellen. So finden wir auf der Faser des Wasserröstflachses die verhältnismäßig großen Stäbchen und Sporen des Rösterregers, viel kleinere Stäbchenformen und Mikrokokken, während die charakteristischen Organismen des Tauröstflachses das Mycel der Röstpilze, eigentlich allerdings nur das von *Cladosporium* und seiner Sporen, und hefeartige Organismen sind. Ein guter Tauröstflachs hat aber nicht das fleckige, schwärzliche Aussehen, sondern ein schönen hellen, silbergrauen Ton, der sehr geschätzt wird. Mit ihm verbindet sich meist Geschmeidigkeit und Zartheit der Faser, sodaß man wohl versteht, weshalb solcher Flachs vom Spinner gern genommen wird.

Ob die von A. Herzog gegebene Erklärung für das schwärzliche Aussehen von Flachs der Niederschlag von gerbsaurem Eisen auf der Faser, welcher bei der anaëroben Röste durch Wasser verhindert werden soll, zutrifft, ist nicht erwiesen. Behrens hält sie für unwahrscheinlich. Auch bei der Wasserröste kann sich ein grauer bis schwärzlicher Ton des Flachses einstellen, dieser andererseits aber bei recht eisenhaltigem Wasser fehlen.

Eine interessante Behandlung erfährt der Hauf vor der Tauröste z. B. im Staate Kentucky in Nordamerika, wo man ihn in grünem Zustande in dichten Haufen aufstellt und einen langsamen, angeblich sehr notwendigen Schwitzprozeß durchmachen läßt. Die hierbei eintretenden Vorgänge können der biologischen Vorphase der Wasserröste gleichgesetzt werden. Die leicht vergärbaren Stoffe verschwinden während dieses Prozesses unter Wärmeerzeugung. Der danach in Tauröste

gelegte Hanf röstet während des Winters ab. Man läßt ihn dabei eher etwas überrösten als zu wenig. Eine größere Schädigung der Faser bei der Überröste scheint durch die Beseitigung der leicht zersetzlichen Substanzen vermieden zu sein. Die gewonnene weiche und schmiegsame Faser bringt dem Hanfbauer mehr ein, weshalb er die erhebliche Mehrarbeit gern in Kauf nimmt.

## Literaturnachweis.

### I. Biologie der Röste.

- Anonymus: Beiträge zum Studium der Röste. Rev. gén. de l'Industrie text., 5, S. 30—31.
- Behrens, J.: Untersuchungen über die Gewinnung der Hanffaser durch natürliche Röstmethoden. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. VIII, 1902, S. 114.
- Behrens, J.: Über die Taurotte von Flachs und Hanf. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. X, 1903, S. 524.
- Behrens, J.: Die Pektingärung. In Lafar's Handbuch der technischen Mykologie. Bd. III, 1904—1906, S. 269.
- Beijerinck, M. W. u. van Delden, A.: Over de bacterien, welke bij het roten van vlas werkzaam zijn. Kon. Ak. v. Wetensch. te Amsterdam. Verslag van de gewone Vergadering der Wis- en Natuurkund. Deel XII. 1904, S. 673.
- Carbone, D.: Sopra un bacillo macerante aerobico. Roma, 1916.
- Carbone, D.: Sulla macerazione rustica della canapa. Le Stazioni sperimentali agrarie italiane, Bd. 50, 1917, S. 261.
- Carbone, D. u. Tombolato, A.: Sulla macerazione rustica della canapa. Le Stazioni Sperim., Vol. 50, 1917, S. 563—575.
- Carbone, D.: Sulla macerazione rustica della canapa. Terza Nota. Le Stazioni Sperim., Vol. 51, 1918, S. 355 u. S. 361.
- Carbone, D. u. Tobler, Fr.: Die Röste mit *Bacillus felsineus*. Faserforschung, II, 1922, S. 163.
- Habermann, G.: Der Säuregehalt des Röstflachs im nassen, künstlich und natürlich getrockneten Zustande. Faserforschung, I, 1921, S. 190.
- Hauman, L.: Ann. Pasteur, Bd. XVI, 1902, S. 379.
- Krais, P.: Über Flachs-gewinnung. Text. Forschung, Bd. II, 1920, S. 43.
- Löhnis, F.: Handbuch der landwirtschaftlichen Bacteriologie. 1910, Berlin, Verlag Gebr. Bornträger.
- Müller, W. u. Tobler, Fr.: Wie dringen die Röstbakterien in den Flachsstengel ein? Faserforschung, II, 1922, S. 21.
- Omeliński, W.: Die histologischen und chemischen Veränderungen der Leinstengel unter Einwirkung der Mikroben der Pektin- und Zellulosegärung. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. XII, 1904, S. 33.
- Rossi, G. u. Guarnieri, G.: Il bacillus comesii e le sue proprietà. Primi tentativi di macerazione di fibre tessili con fermenti selezionati. La R. Scuola d'Agricoltura di Portici nel passato e nel presente. Portici, 1906.
- Rossi, G., Carbone, D., Guarnieri, G., Del Giudice, C.: Terzo contributo allo studio della canapa. Annali della R. Scuola Superiore d'Agricoltura di Portici, Vol. VII, 1907.

- Rossi, G. u. Carbone, D.: Quarto contributo allo studio della canapa. Ebenda, Bd. IX, 1909.
- Ruschmann, G.: Säurebildung in biol. Rösten. Mitt. d. Forsch.-Inst., II, S. 148.
- Ruschmann, G.: Faserstengelrösten mit Luftzufuhr. Faserforschung, I, 1921, S. 67.
- Ruschmann, G.: Grad und Bedeutung der Säurebildung in biolog. Rösten. Faserforschung, I, 1921, S. 33.
- Sestini, F.: Untersuchungen über die Mazeration (Röste) von Gespinstpflanzen. Landw. Versuchsstationen, Bd. 17, 1874, S. 441.
- Steglich: Berichte über die Tätigkeit der landw. Abtlg. d. Königl. Versuchstation in Dresden, 1903, S. 125.
- Störmer, K.: Über die Wasserröste des Flachses. Diss., Leipzig, 1904. Auch im Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. XIII, 1904, S. 35.
- Tobler, Fr.: Wege zur Geruchsverminderung der Flachsröste. Faserforschung, II, 1922, S. 9.
- Varga, O. u. Czókás, G.: Mykologiai tanulmány a kender és len aztatásáról. (=Mykologische Studie über die Flachs- und Hanfröste.) Kiserletrigyi Közlemények, Bd. VIII, 1910, S. 1—52.
- Winogradsky, S.: (Fribes, V.) Sur le rouissage du lin et son agent microbien. Compt. rend. d. l'Acad. d. scienc., Bd. 121, 1895, S. 742.

## II. Flachs, Hanf und ihre Aufbereitung:

- Baur, R.: D. R. P., Kl. 29, Nr. 68807.
- Bazzocchi, A.: Sulla macerazione industriale delle piante tessili. Milano, 1921. Stab. Tip. Lit. Stucchi.
- Böhmer, G. R.: Technische Geschichte der Pflanzen, wie bey Handwerkern, Künstlern und Manufakturen bereits im Gebrauche sind oder noch gebraucht werden. Leipzig, 1794.
- Braulik, A.: Altägyptische Gewebe. Stuttgart, 1900, Bergsträsser Verlag.
- Briosi, G. e Tognini, F.: Intorno alla anatomia della canapa (*Cannabis sativa*). Milano, 1896.
- Bruck, Fr.: Studien über den Hanfbau in Italien. Tropenpflanzer, XV, 1911, S. 129, 187, 244.
- Buchwald, E.: Die Aufbereitung von Flachs und Hanf. Textilberichte für Wiss., Ind. und Handel, I, 1920, S. 85.
- Carbone, D.: La macerazione industriale delle piante tessili col „*Bacillus felsineus*“. Milano, 1920.
- Correns, E.: Zur Kenntnis der Pektinstoffe des Flachses. Faserforschung, I, 1921, S. 229.
- Corrigan, Fr.: Bakterien und Schimmel. Ihre biologische Natur und ihr Einfluß auf Pflanzenfasern. Soc. Dyers & Colorists, 1920, No. 7, S. 198.
- Donndorf, I. A.: Geschichte der Erfindungen in allen Teilen der Wissenschaften und Künste. Quedlinburg u. Leipzig, 1817—1821.
- Durand, M. A.: Compte rendu d'une visite à l'usine de démonstration du rouissage M. E. Feuillette. Extrait du Bull. de la Société industrielle du Nord de la France, No. 196, Lille, 1913.
- Etrich, J.: Die Flachsbereitung in ihrer Beziehung zur Flachsbaufrage. 1898, Selbstverlag.
- Fleischer, H.: Verzeichnis der Aufschließungsverfahren von Faserstengeln. Faserforschung, II, 1922, S. 63.

- Frost, J.: Flachsbaum und Flachsindustrie in Holland, Belgien, Frankreich. 1909, Berlin, Verlag P. Parey.
- Ganswindt, A.: Die Leinfaser und ihre Begleitsubstanzen. Textilber. über Wiss., Industrie und Handel, III, 1922, S. 221.
- Gentner, G.: Pfahlbauten und Winterlein. Faserforschung, I, 1921, S. 94.
- Havenstein, G.: Beiträge zur Kenntnis der Leinpflanze und ihrer Kultur. Journal f. Landwirtsch., Bd. 23, 1875.
- Hermstädt, Fr.: Magazin für Färber. Bd. III, Berlin, 1815, Bd. IV, 1807.
- Herzog, A.: Ursachen der natürlichen Färbung des gerösteten Flachses. Flachs und Leinen, II, 1895, S. 319.
- Herzog, A.: Die Flachsfaser in mikroskopischer und chemischer Beziehung. Trautenau, 1896.
- Herzog, A.: Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? Sorau N-L., 1918, Selbstverlag.
- Herzog, A.: Wassergehalt der ausgearbeiteten Flachsfaser. Mitteilungen d. Forsch.-Inst. Sorau, I, 1919, S. 36.
- Herzog, A.: Über die Ursachen des Stumpfwerdens der Flachsfaser bei der künstlichen Trocknung des Röstflachses. Mitteilungen d. Forsch.-Inst. Sorau, II, 1920, S. 38.
- Herzog, A.: Die Feststellung der Röststreife des Flachses. Faserforschung, I, 1921, S. 147.
- Herzog, A.: Vorschläge zur Verbesserung der Warmwasserröste des Flachses mit besonderer Berücksichtigung der Geruchs- u. Abwasserfrage. Textile Forschung, III, 1921, S. 71.
- Herzog, A. u. Kraus, P.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 346828. Röstverfahren für Bastfasern.
- Herzog, R. O.: Über einige Fragen der Faserstoffchemie. Die Naturwissenschaften, VIII, 1920, S. 673.
- Höhnelt, v. Fr.: Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. II. Auflage, Wien u. Leipzig, Hartlebens Verlag.
- Kraus, P.: Über die Aufschließung von Bastfasern. Zeitschrift für angew. Chemie, 32. Jahrg., 1919, Aufsatzteil, S. 25 ff.
- Kraus, P.: Über L. A. Johnson's Flachsrostverfahren. Textile Forschung, III, 1921, S. 26.
- Kraus, P.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 332 514. Verfahren z. Rösten v. Flachs.
- Kränzlin, G.: Röstwässer. Faserforschung, II, 1921, S. 126.
- Krönitz, J. G.: Ökonomisch-technologische Enzyklopädie. II. Aufl., 76. Teil, Berlin, 1806.
- Kuhnert, R.: Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. Thaer-Bibliothek. Bd. 94, Berlin, 1920, Verlag P. Parey.
- Marquard, B.: Hanfbau. Thaer-Bibliothek, Bd. 116, Berlin, 1919.
- Müller, W.: Einfluß und Erkennung mechanischer Behandlung der Flachsfaser. Faserforschung, I, 1921, S. 1.
- Overmann, L.: Geschichtliche und wirtschaftsgeographische Studien über den Flachsbaum, insbesondere Deutschlands. Diss., Bonn, 1910.
- Pfuhl, E.: Weitere Fortschritte in der Flachsgewinnung. Riga, 1895.
- Reiche, E.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 340799. Verfahren zum Rösten von Hanf, Flachs od. dgl.
- Reimers, H.: Über die innere Struktur der Bastfaser. Textilber. über Wiss., Industrie u. Handel, II, 1921, S. 367, 381, 420.
- Reimers, H.: Über die innere Struktur der Bastfaser. Angewandte Botanik, 1922, III, S. 65.

- Rossi, G., Carbone, D.: Quinto contributo allo studio della macerazione della canapa. *Annali della R. Scuola Superiore in Portici*. Bd. XI, Portici, 1912.
- Rossi, G.: Settimo contributo etc. *Ebenda*, Bd. 13, 1915.
- Rossi, G.: Das gewerbsmäßige mikrobiologische Rösten der Gespinstpflanzen. *Internationale agrartechn. Rundschau*, Bd. VII, 1916, S. 635.
- Rossi, G.: Il Methodo Rossi per la macerazione microbiologica delle tessili e le sue applicazione industriale. Bd. I., Portici, 1916. — Bd. II., Portici, 1920.
- Schürhoff, H.: Der Ernteertrag der Flachsfelder. *Mitt. d. Forsch.-Inst. Sorau*, II, 1919, S. 57.
- Ruschmann, G.: Technische und wirtschaftliche Bemerkungen, betreffend Faserstengelrösten mit Luftzufuhr. *Faserforschung*, I, 1921, S. 199.
- Schürhoff, H.: Die Rohstoffversorgung der Leinenindustrie. *Spinner u. Weber*, 1921, 39, Nr. 13 ff.
- Schwalbe, C.: *Chemie der Zellulose*. Berlin, 1918.
- Silberrad, O.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 264557. Verfahren zur Verhinderung einer Verschlechterung von Flachs und anderen Faserstoffen, bei deren Herstellung aërobische Mikroorganismen entweder allein oder in Verbindung mit anderen Organismen verwendet werden.
- Silberrad, O.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 265057. Verfahren zum Rotten von Flachsstroh mit Hilfe von Mikroorganismen enthaltenden Auszügen.
- Tobler, Fr.: Biologische Aufschließung von Faserstengeln. *Ztschr. f. angew. Chemie*, 35, 1922, S. 97.
- Vansteenkiste, C.: D. R. P., Kl. 29b, Gr. 2, Nr. 178901. Warmwasser-röstverfahren für Flachs und anderes Textilmaterial.
- Wiesner, J.: *Rohstoffe des Pflanzenreiches*. Bd. III, Leipzig, 1873.
- Winter, R.: Über den Ursprung und die Entwicklung der Faser von *Linum usitatissimum*. *Diss.*, Berlin, 1909.

### III. Allgemeine Literatur.

- Abderhalden, E.: *Biochemisches Handlexikon*. Bd. 2, 1911, S. 80. Pektinstoffe, von V. Grafe.
- Bancroft, C. K.: Untersuchung über die Lebensgeschichte parasitischer Pilze. *Ann. of. Botany*, Bd. 24, 1910, S. 359.
- Behrens, J.: Beiträge zur Kenntnis der Obstfäulnis. *Zentralbl. f. Bact.* Abt. 2, Bd. IV, 1898, S. 514.
- Beijerinck, M. W.: Sur la fermentation et le ferment butylique. *Extrait des Archives Néerlandais.*, T. XXIX, S. 415.
- Benecke, W.: *Bau und Leben der Bakterien*. Leipzig u. Berlin, 1912, Verlag Teubner.
- Bredemann, G.: Untersuchungen über die Variation und das N-Bindungsvermögen des *Bacillus asterosporus*. *Zentralbl. f. Bact.*, Abt. 2, Bd. 23, S. 44.
- Bredemann, G.: *Bacillus amylobacter* A. M. et Bredemann in morphologischer und systematischer Beziehung. *Zentralbl. f. Bact.*, Abt. 2, 1909, Bd. 22, S. 385.
- Brown, W.: Studies in the physiology of parasitism. I. The action of *Botrytis cinerea*. *Ann. of. Botany*, Bd. 29, 1915, S. 313 ff.
- Cross u. Bevan: *Recherches sur la cellulose*. Paris, 1914—1917.

- Czapek, Fr.: Biochemie der Pflanzen. Bd. I, 1913. — Bd. III, 1921, Verlag G. Fischer, Jena.
- Ehrenberg, P.: Die Bodenkolloide. Dresden u. Leipzig, 1918, Verlag Steinkopff.
- Ehrlich, F.: Die Pektinstoffe und ihre Konstitution. Chemiker-Ztg., Bd. 41, 1917, S. 197.
- Fellenberg, v. Th.: Über die Konstitution der Pektinkörper. Biochemische Zeitschr., Bd. 85, 1918, S. 118.
- Frémy: Journal de Pharm. Sér. II, Bd. 26, 1840, S. 368.
- Frémy: Ann. de chim. et de phys. Sér. III, Bd. 24, 1848, S. 5.
- Fuhrmann, Fr.: Vorlesungen über Bakterienenzyme. 1907, Verlag G. Fischer, Jena.
- Fuhrmann, Fr.: Vorlesungen über technische Mykologie. 1913, Verlag G. Fischer, Jena.
- Gauge, A. G. H.: Die Ableitung und Reinigung von Flachsröstwässern. Journ. Soc. Chem. Ind., 1922, No. 11, S. 177—178.
- Gaertner, H.: Beiträge zur Kenntnis der Pektine, insbesondere des Methylalkohols im Pektin. Zentralbl. f. d. Zuckerindustrie. 28. Jahrg., 1920, S. 781.
- Grassberger u. Schattenfroh: Archiv f. Hygiene, 37, 42, 48, 53 u. 60, 1900—1907.
- Groenwege, J.: Untersuchungen über die Zersetzung der Zellulose durch aërobe Bakterien. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. 53, 1921, S. 414. Extrait du Bull. du Jardin Bot. de Buitenzorg, Sér. IV, T. 2, Fasc. 3, 1920, S. 261—314.
- Haberlandt, G.: Die Entwicklungsgeschichte des mech. Gewebesystems der Pflanzen. Leipzig, 1879, Verlag Engelmann.
- Heim, L.: Lehrbuch der Bakteriologie. 1918, Stuttgart, Verlag F. Enke.
- Heuser, E.: Lehrbuch der Zellulosechemie. 1921, Berlin, Verlag Gebr. Bornträger.
- Iterson, C. v.: Die Zersetzung von Zellulose durch aërobe Organismen, Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. 11, 1904, S. 689.
- Itzigsohn, H.: Zur Entwicklungsgeschichte von Cladosporium herbarum Lk. Hedwigia, Bd. I, Nr. 10, 1855.
- Janczewsky, E.: Untersuchungen über d. Cladosporium herbarum und seine Begleiter auf Getreide. Anz. d. Akad. d. Wiss. Krakau, 1894, S. 187.
- Koch, R.: Zur Untersuchung von pathogenen Organismen. Mitt. aus d. Kaisl. Gesundheitsamte, Berlin, Bd. I, 1881, S. 1.
- Kolkwitz, R.: Wasser und Abwasser. 1911, Leipzig, Verlag S. Hirzel.
- Kruse, W.: Allgem. Mikrobiologie. 1910, Leipzig, Verlag Vogel.
- Küster, E.: Kultur der Mikroorganismen. 1921, Leipzig und Berlin, Verlag Teubner.
- Kützing, Fr., Tr.: Jahrbuch f. prakt. Chemie. Bd. XI, 1837.
- Lafar, Fr.: Handbuch der technischen Mykologie. Bd. II—V, 1904—1906, Jena, Verlag G. Fischer.
- Lantzsch, K.: Bacillus amylobacter A. M. et Bredemann und seine Beziehung zu den Kolloiden. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. 54, 1921, S. 1.
- Latour, C. de: Comptes rend. de l'Acad. d. scienc., Bd. 4, 1837.
- Latour, C. de: Ann. de Chim. et de Phys., Bd. 68, 1838.
- Latour, C. de: L'Institut, Nr. 158.

- Leeuwenhoek, A. v.: Brief an die Royal Society. 1683.  
 Leeuwenhoek, A. v.: Arcana naturae. Delphis Batav., 1695.  
 Lehmann u. Neumann: Bakteriologische Diagnostik. 1920, München, Verlag Lehmann.  
 Lopriore, G.: Die Schwärze des Getreides. Landw. Jahrb., Bd. 23, 1894, S. 969—1008.  
 Mangin, L.: Comptes rend. de l'Acad. des scienc., Bd. 107, 1888, S. 146.  
 Mangin, L.: Recherches anat. sur les composés pectiques chez les végétaux. Journ. de Bot., 1892, S. 206 u. 1893, S. 37.  
 Meyer, A.: Studien über die Morphologie und Entwicklungsgeschichte d. Bakt., ausgeführt an *Astasia asterospora* A. M. und *Bacillus tumescens* Zopf. Flora, Bd. 84, 1897, S. 186.  
 Miehe, H.: Die Selbsterhitzung des Heus. 1907, Jena, Verlag G. Fischer.  
 Miehe, H.: Die Bakterien und ihre Bedeutung im praktischen Leben. Sammlung „Wissenschaft u. Bildung“, Bd. 12, 1907.  
 Mohl, H. v.: Über die Verbindung der Zellen untereinander. Diss., 1835.  
 Molisch, H.: Mikrochemie der Pflanze. 1913, Jena, Verlag G. Fischer.  
 Molisch, H.: Anatomie der Pflanze. 1921, Jena, Verlag G. Fischer.  
 Oppenheimer, C.: Die Fermente und ihre Wirkungen. Leipzig, 1910.  
 Pasteur, L.: Compt. rend. de l'Acad. des scienc., Bd. 45, 1857 — Bd. 56, 1863.  
 Pasteur, L.: Études sur la bière, Paris, 1876.  
 Payen: Analyse de la partie corticale de l'*Ailanthus glandulosa* cultivé en France. Ann. de Chim. et de phys., Sér. II, Bd. 26, 1823, S. 329.  
 Payen: Note sur la racine charnue du cerfeuille bulbeux. Comptes rend. de l'Acad. d. scienc., Bd. III, 1856, S. 769.  
 Plenciz, M. A.: Opera medica-physica. Vindobona, 1762.  
 Prazmowski, A.: Zur Entwicklungsgeschichte und Fermentwirkung einiger Bakterienarten. Bot. Ztg., 37, 1879, S. 426. Ausführl. Arbeit, Leipzig, 1880, Verlag H. Voigt.  
 Reimers, H.: Zur Klarstellung des Begriffes der Mittellamelle bei den Bastfasern. Angew. Botanik, III, 1921, S. 177.  
 Rippel, A.: Biologischer Abbau pflanzl. Zellmembranen. Angew. Botanik, I, 1919, S. 78.  
 Rosenberg, E.: Über die Pektinmetamorphose. Diss., Bern, 1908.  
 Rossi, G. u. Ciaccia, M.: Studi critici e sperimentali sui fermenti pectici anaerobici. In „onore al prof. Angelo Celli nel XXV. anno d'insegnamento“, Roma, 1912. Tip. Nazionale.  
 Schardinger, Fr.: *Bacillus macerans*, ein Azeton bildender Rottebacillus. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. XIV, 1905, S. 772. Bd. XIX 1907, S. 161.  
 Schneider-Orelli, O.: Versuche über die Wachstumsbedingungen und Verbreitung der Fäulnispilze des Lagerobstes. Zentralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. 32, 1911—1912, S. 161.  
 Schostakowitsch, W.: Über die Bedingungen der Konidienbildung bei Rußtaupilzen. Flora, Bd. 81, 1895, S. 362.  
 Schwalbe, C.: Chemie der Zellulose. 1918, Berlin, Verlag Gebr. Bornträger.  
 Schwann, Th.: Poggendorff's Ann., Bd. 41, 1837.  
 Schwann, Th.: Mikroskop. Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Textur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen. 1839, Berlin.  
 Strasburger, E.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 1919, Jena, Verlag G. Fischer.  
 Tieghem, Ph. v.: Comptes rend. de l'Acad. des scienc., Bd. 88, 1879, S. 205. — Bd. 89, 1879; S. 5.

- Tieghem, Ph. v.: Bull. de la Soc. bot. de France, Bd. 26, 1879, S. 25.  
Trécul, A.: Compt. rend. de l'Acad. des scienc. T. 61, 1865, S. 156 u.  
432. — T. 65, 1867, S. 513.  
Tschirch, A.: Ber. d. Deutsch. pharm. Ges., Bd. 17, 1907, S. 237.  
Wehmer C.: Der Mucor der Hanfrotte. *Mucor hiemalis* nov. spec.,  
Annales mycologici, I, 1903, S. 37.  
Wehmer, C.: Pflanzenstoffe. 1911, Jena, Verlag G. Fischer.  
Wiesner-Zeisel: Rohstoffe, I, Gummiarten, S. 1. 1914, Leipzig-Berlin,  
Verlag Engelmann.

## Autorenverzeichnis.

- Baur, R., 4, 69.  
Behrens, J., 6, 20, 49, 57, 64, 66, 67, 93, 95, 126, 166, 169, 172.  
Beijerinck, M. W., 6, 29, 47, 48, 51, 71, 90, 103, 109, 128, 165, 166.  
Böhmer, G. R., 2.  
Bredemann, G., 27, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 94, 130.  
Carbone, D., 59, 60, 63, 147, 148, 151.  
Correns, E., 15.  
Delden, A. van, 6, 47, 48, 51, 166.  
Ehrlich, F., 4, 15, 132.  
Fellenberg, Th. von, 4, 15, 132.  
Feuillette, M. J., 71, 133, 139, 140.  
Fischer-Fernrode, 3.  
Frémy, 4.  
Friebes, V., 6, 47, 53.  
Havenstein, G., 5.  
Hermstädt, Fr., 2, 3.  
Herzog, A., 73, 140, 141, 172.  
Koch, R., 6.  
Krais, P., 70.  
Krünitz, J. G., 2.  
Kützing, Fr. Tr., 5.  
Latour, C. de, 5.  
Leeuwenhoek, A. v., 5.  
Mangin, L., 4, 5.  
Miehe, 25.  
Mohl, H. v., 5.  
Moses 1.  
Omelianski, W., 138.  
Pasteur, L., 6, 46.  
Payen, 4, 5.  
Plenciz, M. A., 5.  
Plinius 1.  
Prazmowski 46.  
Reiche, E., 70.  
Rossi, G., 61, 63, 64, 156, 157, 158, 159, 160.  
Schneider, H., 7, 133, 139, 141.  
Schwann, Th., 5.  
Störmer, K., 7, 48, 49, 57, 102, 103, 113, 114, 115, 122, 126.  
Tieghem, Ph., van, 6, 46, 47, 137.  
Trecul, A., 51.  
Tschirch, A., 16.  
Wehmer, C., 66.  
Winogradsky, S., 6, 47, 53.

## Stichwörterverzeichnis.

- Abbau** 5, 9, 18, 20, 32, 76, 86, 99, **100**, 103, **115**, **120**, 129, 160.  
 Abrösten 87.  
 Abwasser 97, 100, 154, **160**, 161.  
 Adsorption 79, 131.  
 Äcrotaxis 26.  
 Ägypten 1.  
 Albumosen 19.  
 Algenpilze 40, 64.  
 Alkohole 30.  
 Ameisensäure 115, 116, 127.  
 Amine 100.  
 Aminosäuren 20, 30, 32, 76, 122.  
 Ammoniak 16, 100, 127, 136, 149.  
 Ammoniumverbindungen 4, 20, 32.  
 Amylase 30.  
 Anaërobiöse 98.  
 Anatomie **10**.  
 Anbaufläche 7.  
 Anhydroarabinogalaktotetragalak-  
 turonsäure 15.  
 Antagonismus **33**.  
 Antheridien 41.  
 Antienzyme 30, 31.  
 Araban 15.  
 Arthrosporen **28**.  
 Aschenbestandteile **20**.  
 Ascomyceten 67.  
 Aspergillus 41, 112, 146, 169.  
 Athen 1.  
 Atmung **34**, **120**, 123, 129.  
 — intramolekulare **35**, 43, **120**.  
 Aufschließungsverfahren 4, 8.  
 — chemische 4, 8, 9, 16, 69, 73, **131**, 133.  
 — mechanische 8, 69.  
 — physikalische 8, 16, 69, 133.  
 Ausbeute 155, **156**.  
 Auslaugen **73**, 75, 76, 77, **80**, 89, 91, 94, **117**, **123**, **128**, 129, 134, 146, 149, 153, 155.  
 Auslaugeflüssigkeit 75, **77**, 82, 89, **92**, 96, 113, 139.  
 Autolyse **35**, 57, 107.  
**Bacillus** **28**, 104.  
 Bacillus amylobacter **46**, **49**, 79.  
 — in der Röste **55**, 58, 59, 61, 62, 68, 86, 89, 90, 103, 106, 107, 132, 136, 137, 148, 152, 153, 165.  
 — Morphologie 27, 29, 39, **46**, **50**, **52**, **53**.  
 — Sauerstoffbedürfnis 34.  
 — Species 39, **47**, **49**, 50.  
 — Temperaturoptimum 94.  
 — Verbreitung 58, 89, 90.  
 Bacillus asterosporus 34, **63**, **105**.  
 Bacillus Comesii **61**, **157**.  
 — felsineus **59**, **147**, 151.  
 — fossicularum 137.  
 — Kramerii 158.  
 — megatherium 106.  
 — mesentericus **63**, **104**.  
 — methanigenes 137.  
 — mycoides 34, **105**.  
 — putrificus 99, **136**, 137.  
 — subtilis **104**, 106.  
 Bacterium **28**.  
 Bacterium coli commune 92, 95, 96, **97**, 98, 101, 102, 106, **114**, 158, 165.  
 — fluorescens liquefaciens 92, 95, 96, **98**, 101, 106, 158.  
 Bakteriologie 1, 4, 5, 6, 38, 50, 54.  
 Bakterien 4, **23**, 71, 168.  
 — aërobe **33**, 63, 72, 105, 112, 114, 116, 117, 120, 126, 142, 156, 157, 158, 171.  
 — aërophile 26, **34**, 41, 107, **116**, 130.  
 — aërophobe 26, **34**, 107, 116, **117**.  
 — anaërobe **33**, 50, 60, 71, 114, 117, 120, 130, 136, 142, 145, 147, 156, 158.

Bakterien, Art = Spezies

- Bewegung **25**, 33, 57, 59.
- fakultativ anaerobe **34**, 102, 114, 118, 120, 142, 158.
- Herkunft in der Röste 87, 90.
- pathogene 37, 146.
- psychophile 37.
- System 33, 148.
- thermophile 37.
- vegetative Zellen **26**, 27, 38, 156.
- Veränderlichkeit **39**, 50, 79, 103.
- Vermehrung **26**, 33, 56, 57, 79, 96, 117, 163.

Bassinröste **72**, 107, 135, 136.

Bastfaser 5, **10**, 16, 23, 87, **121**, 132, 133, 137, 142, 171.

Begleitflora 20, 21, 32, 40, 58, 62, 86, 89, 92, 94, 95, 98, 101, 111, 115, **118**, 125, 129, 135, 155, 167, 168.

Belgien 156.

Bikarbonate 22, 152, 158.

Biologie 3, 8, 64, 84, 96, 100.

Blasenbildung 77, 110, 116, 120.

Bleichen 3, 14, 18, 141, 152.

Bodenverhältnisse 15, 54, 83, 162.

Botanik 4, 5, **10**.

Botrytis 169.

Buttersäure 36, 43, 100, 107, 110, 115, **119**, **120**, 122, 125, **126**, **127**, 128, 133, 136, 139, 159.

Buttersäurebacillus 46.

**Carbone-Röste 147.**

Chemie 4, **14**, 70.

Chemotaxis 25, 59.

Cladosporium herbarum **66**, **167**, 169, **171**.

Clostridium 6, **27**, 51, 52.

— americanum 130.

— Behrens **49**, 51.

— butyricum **46**, 49, 51.

**Dauerformen = Sporen.**

Decksubstanzen 14, 18.

Desinfektion 38, 146.

Deutschland 2, 148.

Dextrin 17.

Dickenzunahme 81.

Diffusion 82, 130.

Diosmose 75, 77.

Doppelröste **155**.

Düngung 91, 162.

Durchlüftung = Luftzufuhr

**Eischimmel 45.**

Eisen 20, **21**, 75, 152, 154, **172**.

Eisenchlorid 76.

Eiweißstoffe 14, 18, **19**, 20, 22, 29, 30, 32, 48, 56, 74, 76, 94, **98**, 115, 119, 122, 126, 136, 143, 168.

Ektoenzyme **30**.

Endoenzyme **30**, 35.

Endosporen **28**, 42.

Energie 32, 35, 86, 97, **123**, 126.

Entsäuerung, biologische **143**.

Enzyklopädien 2, 9.

Enzyme 15, **29**, 31, 32, 35, 43, 48, 51, 79, 83, 122, 125, 137, 142, 150, 151, 171.

— spezifische **30**, 70, 86, 97, **131**.

Ernährung 21, 22, 26, 30, **32**, 54, 57, 62, 67, 74, 80, 87, 94, 96, 102, 115, 118, 119, 122, **125**, 164, 168.

Ernte 15, 83.

Erzgebirge 2.

Essigsäure 36, 43, 97, **102**, 115, 120, 126, 127, 139.

Eumyceten 67.

Exosporen **41**.

**Fadenpilze, echte 40**, 67, 163.

Farbreaktionen, mikrochemische 5, **16**, 57, 172.

Faser, Beschaffenheit 3, 17, 19, 69, 91, 102, 103, **122**, 125, **127**, 129, 130, 134, 140, 141, **142**, 143, 144, 145, 146, 149, 151, 152, 153, 154, **156**, 158, 159, 166, 171, **172**, 173.

— Feuchtigkeit 96, 107, 115, 141, **144**, 165.

— Freilegung = Isolierung.

— Mikroorganismen auf d. 56, 62, 107, 125, 138, 141, 142, **145**, 146, 171.

Fäulnis 5, 9, 84, 92, 99, **100**, 150, 154, **160**, 161.

Fäulnisbakterien 97, 98.

Fermente = Enzyme.

Fette **19**, 29, 30, 41, 43, 44.

Fettsäuren 20, 30, 115, 127.

Feuilette-Röste 72, 133, **139**, 140.

Fischerei 3, **149**, **150**, 160.

Flachs 7, 52, 53, 64, 75, 115, 133, 138, 144, 169.

Flottenverhältnis 73, 82, 104, 115, 124, **125**, 135, 140, **149**, 161.

Flußwasser 75, 91.  
 Fruktose 18, 43, 98.

**Galaktosegruppen** 15.  
 Gärprodukte 30, **36**, 111, 128.  
 Gärung 5, 6, 8, 31, 35, 73, **77**, 78,  
 89, **100**, 117, 120, 123, 129, **137**,  
**144**, 146, 148, 150, 151, 155.  
 — alkoholische 2, 36, 42, 44.  
 — Beginn 92, 158.  
 Gärungsbakterien 1, 35, 127, 136, 148.  
 Gasentwicklung 36, 45, **77**, 92, **120**,  
 138, 150.  
 Geißeln **25**, 57, 112.  
 Gelatineplattenverfahren 6.  
 Geleitzellen 22.  
 Gerbstoffe **19**, 74, **76**, **77**, 115.  
 Geruch 20, 99, **100**, **119**, 120, 136,  
 150, **159**, **160**.  
 Gesundheitsschädlichkeit 3, 147, 161,  
**162**.  
 Gewichtsverlust 18, **73**.  
 Glukose 17, 18, 19, 30, **32**, 43, 45,  
 47, 66, 68, 74, 75, **76**, 77, 78, 86,  
 98, 99, 115.  
 Glukoside 74, 76, 115.  
 Glykogen **29**, 41, 43, 44, 47, **55**, 56,  
 57, 58, 61, 62, 104, 136, **165**.  
 Granulobacter butyricum 51.  
 — pectinovorum **47**, 48, 51, 130, 165.  
 — saccharobutyricum 51.  
 — urocephalum **48**, 51.  
 Granulose **29**, 47, 48, 56.  
 Grubenröste 147, 149, 150, **152**.  
 Grubenwasser 3.  
 Grundlage der Röste 4, 8.

**Hanf** 5, 9, 20, 52, 54, 64, 90, **115**,  
 133, 138, 144, 147, 148, 163, 169,  
**172**.  
 Hauptfruchtform 67.  
 Hautbildung = Kahlhaut.  
 Hechelflachs 17, 18, 73, 122, 141,  
 172.  
 Hefen 23, 40, 42, **110**, 126, 147, 148,  
 158, 165, 168.  
 Hemizellulose 17.  
 Herbivorie 114.  
 Heubazillus 105.  
 Hexosesäuren 15.  
 Hohlräume 18, 78, 121.  
 Holland 152.  
 Holzstoff 12, **16**, 17, 132, 143.

Holzteil **12**, 22, 23, 121, 169.  
 Hydrolasen **31**.  
 Hydrolyse 15, 17, 19, **30**, 36, 86, 98,  
 131, 142, 151, 164.  
 Hydrozellulose 17.  
 Hyphen **40**, 41, 45, 65, 67, 110, 164,  
 168, 171.  
**Impfung** **61**, 72, 78, 80, 89, 90, **147**,  
 148, **156**.  
 Indol 20, 137.  
 Industrie 7.  
 Inhaltsbestandteile **28**, 56, 111, 137.  
 Interzellularen **12**, 59, **164**.  
 Interzellulärsubstanz **12**.  
 Invertase 43, 98.  
 Iogen **29**, 41, 47, 48, **55**, 61, 62,  
 104, 137.  
 Isolierung der Faser **12**, 13, 16, 56,  
 84, **122**, 143, 148, 164.  
 Italien 1, 147, 150.  
**Jodreaktion** **29**, 47, 49, **55**, 58, 61,  
 64, 87, 104, 120.  
**Kahlhaut** **44**, 45, 104, **105**, **107**, **110**,  
 117, 121, 126, 145, 158.  
 Kahlhautbildner **110**, 126.  
 Kahlhefen 110.  
 Kalium 21, **22**, 75, 127, 158.  
 Kalk 121, 124, 127, 160, 162.  
 Kaltwasserröste **116**, 132, **148**, 153.  
 Kalzium 15, 21, **22**, 75, 100, 132,  
 152.  
 Kalziumpektat 4, 16.  
 Kambium **12**, 22, 23, 121.  
 Kanalaröste 7, 99, 104, **133**, 139, **145**.  
 Karbonate 22, 152, 158.  
 Kartoffelbakterien **104**.  
 Katalysatoren 30.  
 Kaulquappenformen 52.  
 Keimgehalt **90**, 91, 112, **113**, 114,  
**124**, **145**, 146, 167.  
 Klebschebigkeit 122.  
 Kleinbetriebe 7.  
 Kleinlebewesen 5, 21, **23**, 86.  
 Klima 16, 54, 83, 156, 162, 166.  
 Kohlehydrate 22, 29, 30, 35, 54, **99**,  
 115, 126.  
 Kohlensäure 30, 35, **93**, 97, 115, 116,  
**120**, 126, 138, 149, 158.  
 Kohlenstoffquellen 31, **32**, 43, 45, 75,  
 98, 125, 126, 143, 165.

Kokken **25**, 58, 165.  
 Kolloide **55**, 59, 78, **79**, 86, 94, **131**.  
 Konditionieren 144.  
 Konidien **41**, 67.

**L**ackmuspapier 115, 128.  
 Landröste 8, 42, 64, 67, 70, **162**.  
 Langfaser 17, 144.  
 Lebensprozeß 31.  
 Lein 9, 14.  
 Lignin 12.  
 Linsen, optische 5.  
 Luft **33**, 167.  
 Lufttröste 70.  
 Luftverdrängung **78**, 80, 81, 92, 105, 116.  
 Luftzufuhr 54, 62, **63**, **64**, **72**, 84, **100**, 103, 105, 127, 130, 139, **140**, **156**, **157**, 159, 161, 165.  
 Lys-Röste **153**, 155, 156, 162.

**M**agnesium 21, **22**, 132, 152.  
 Maltase **30**.  
 Meerwasser 153.  
 Membran 4, 16, 17, **28**, 41, 47, 75, 86, 121.  
 Merkaptan 20, **99**, 136.  
 Metabiose **33**, 95, 118, 168, 169.  
 Methan 137, 138, 171.  
 Methoxylzahl 4, **15**, 132.  
 Methylalkohol 15.  
 Milchsäure 30, 36, 43, 45, 97, **102**, 115, 116, 120, 126, 127.  
 Milchsäurebakterien **101**.  
 Milchschimmel 45.  
 Mineralstoffe 14, **20**, 54, 74, 76, 140, 152.  
 Mittelalter 2.  
 Mittellamellen 5, **12**, 15, 16, 80, 122, 131, 142, 164.  
 Molekül 17, 18, 19, 30, 35, 76.  
 Mucorarten 64, 111, 146, 147, 169, 171.  
 Mucor hiemalis **66**, 169.  
 — stolonifer **64**, 169.  
 Multivorie 114, **117**.  
 Mycel **40**, 42, 45, 65, 67, 164, 168.  
 Mycoderma 42, **44**, 103, **110**, 111, 158.  
 Mycosphaerella 67.  
 Mykologie, allgemeine **23**.  
 — spezielle **45**.

**N**ährlösung 36, **74**, 75, 86, 88, 102, 113.  
 Nährstoffe = Ernährung.  
 Natrium **21**, 22, 127, 152, 158.  
 Nebenflora = Begleitflora.  
 Nebenfruchtform 67.  
 Nebengärung 91.  
 Niederlausitz 3.  
 Nordamerika 172.

**O**berlausitz 2.  
 Oidium **43**, 44, **45**, 103, **110**, 126, 158, 168.  
 Oidium lactis **45**, **110**.  
 Omnivorie 68, **97**.  
 Oogonien 41.  
 Osmose 75, 82.  
 Oxydasen **31**, 35, 83.  
 Oxydationsvorgänge 31, **33**, 35, 83, **96**, 100, 127, 150, 159.  
 Oxyzellulose 17.

**P**arasiten 41.  
 Parenchym 5, 11, **12**, 13, 16, 47, 87, 121, 137, 164.  
 Pasteurisieren 38.  
 Pektinase **30**, 48, 51, 106, 107, **128**, 131, 146, 164.  
 Pektینگärung 6, **14**, 84, 94, 118, **119**, 120, 129, **135**, 138, 139, 148, 151, 159.  
 Pektinsäure 4, **15**, 16.  
 Pektinstoffe, Abbau 4, 5, 9, 22, 30, 32, 43, 47, 66, 68, **70**, 71, 74, 94, 105, 111, 119, 120, 122, 124, **128**, 133, 143, 156.  
 — Lösung 4, 5, 16, 17, 59, **133**, **137**, 164.  
 — Quellung 59, 78, 80, 81, **132**, 171.  
 — Reaktion auf 16.  
 — Umwandlung **15**, 16, 22, 54, 76, 115.  
 — Verbreitung 5, **12**, 16, 19, 30, **121**, 122, 142.  
 — Zusammensetzung **14**, 15, 74, 76, 122, 132, 169.  
 Pektinstoffzehr = Rösterreger.  
 Pektose **14**, 15, 16, 132.  
 Penicillium 112, 146.  
 Peptide 19, 30.  
 Peptone 19.  
 Pfahlbauer 1.

- Phase, biologische 77, **84**, 87, 88, 90, 113, 129.  
 — biologische Vor- **84**, 87, 88, 91, 93, 98, 106, 111, 115, 119, 120, 128, 172.  
 — biologische Haupt- 91, 111, 116, 117, **118**.  
 — physikalische **73**, 77, 84, 93, 111.  
 Phycomyceten 64, 67.  
 Phosphor 20, **21**, 75.  
 Pilze 23, **40**, 145, 166, 171.  
 — Taurösterreger 23, **40**, 64, **65**, 71, 90, 111, 163, **167**, **168**.  
 Plasma 19, 31, 35, 75, 85.  
 Plectridium 6, **27**, 46, 51, 55, 137.  
 — Friebes 47, 48, 49.  
 — pectinovorum **48**, 49, 51.  
 Polypeptide 19.  
 Protopektin 14, **15**.  
 Protozoen 112, 158.
- Quellung** 21, 59, 70, **78**, 81, 94, 171.  
 Quetschen 146.  
 Quetschwasser 89, 146.
- Rasenröste** 163.  
 Rassen 44, **50**, 98.  
 Reaktion, alkalische **36**, 100, **130**, 154, 158.  
 — biologische **85**, 95, 118.  
 — chemische 9, 16, 95, 151.  
 — enzymatische **29**, 31, 36.  
 — Jod- **29**, 47, 49, **55**, 58, 61, 64, 87, 104.  
 — neutrale **36**, **130**, 158.  
 — saure **36**, 97, 112, 118, **128**, **131**, 159.  
 Reduktase **31**, 83.  
 Reduktionsvorgänge **35**, 36, 43, 83, 96.  
 Reifen 4, 14, **15**, 17, **22**, 54, **75**, 83, **132**.  
 Reinkulturen 6, 41, 47, 60, 67, **71**, 124, 147, 148.  
 Reprise 144.  
 Reservestoffe **29**, 35, 43, **55**, 58, 61, 62, 111.  
 Rhizopus nigricans **64**, **65**, 67, 169.  
 Rindengewebe 4, 22, 56, 57, 59, 62, 137, 164, 168.  
 Rohrzucker = Saccharose.  
 Rossi-Röste **156**, 159, **160**.  
 Röstbett **162**, 165, **170**.
- Röste 6, 9, 13, **84**.  
 — aerobe 53, 63, 71, **72**, **156**, 160, 165.  
 — anaerobe 61, **72**, 100, 106, 111, 152, 157, 158, 159, 168, 170.  
 — biologische 8, 9, **10**, **69**, 73, **84**, **140**.  
 — Dauer 17, 22, 73, 75, 80, **84**, 88, **89**, 94, 98, 117, 124, 125, 138, 139, 141, 148, 151, **159**.  
 — in fließendem Wasser 71, 116, **129**, **149**, 150, 151, **153**, 154.  
 — in stehendem Wasser 71, **149**, **150**.  
 — Kontrolle 46, 58, 61, 62.  
 — künstliche 73.  
 — Reinheit 82, 84, 87, 99, 114, 121, **129**, 139, **141**, 152, 161.  
 — Verlauf 45, 73, 88, 94, 116, **119**, 121, 122, 129, 134, 141, 146, 167.  
 Rösten 5, **9**, 15, 66, **84**, 87, 119, **128**, 133, 150, **156**, **159**.  
 Rösterreger, aerobe **61**, 103, 105, **107**, 139, 142, 146, **156**, 157, 158, 159, 161, **165**.  
 — anaerobe 56, 71, 87, 103, 105, **106**, 107, 114, **117**, **121**, 124, 129, 139, 143, 152, 156, 158, 165.  
 — Eindringen 14, 56, **59**, 65, 74, 81, **121**, 132, 163, 164.  
 — Herkunft **59**, 87, **88**, **90**.  
 — d. Landröste 23, 65, **71**, **111**, 147, 157, 163, 164.  
 — spezifische 22, **31**, 46, 58, 59, 148.  
 — d. Wasserröste 56, **71**, **86**, 92, 113, 129, 149, 157.  
 Röstflachs 97, 99, 105, 120, **122**, 133, 136, **142**, **143**, 145.  
 Röstflüssigkeit 53, 57, **58**, 59, 71, 77, 89, 93, 102, 103, 104, 111, **113**, 119, 125, **128**, 135, 145, 149, 150, 160.  
 Röstindustrie 7.  
 Röstmethoden 2, 7, **69**, 72.  
 Röstmüdigkeit 140.  
 Röstreife 17, **22**, **57**, 135, **169**.  
 Röstverlust 74.  
 Rotten, Rötten, Röthen 8.  
 Rußland 7, 144, 166.
- Saccharomyceten** **42**, 60.  
 Saccharose 18, 43.  
 Salpetersäure 20, 32, **93**.

- Salze, anorganische 22, 75.  
 — organische 15, 103, 132.  
 Samenflachs 53.  
 Saprophyt 41, **164**.  
 Sauerstoff 31, **34**, 78, 88, 93, 104,  
**112**, **116**, **149**, 151.  
 — -abschluß **35**, 43, 48, 99, 104,  
 150.  
 — -bedürfnis **33**, 43, 44, 48, **62**, 72,  
 98, 105, 106, 116, 118, 150, 161.  
 — zehrer **98**, 109, 120.  
 — zufuhr 63, 105, **107**, 117, 129,  
**140**, 152, 153, 157, 160.  
 Säure 31, **113**, 127, **142**, 160.  
 — Abstumpfung **21**, **127**, 132, 133,  
**136**, 142, **152**, 154, **160**.  
 — -bildung 21, 36, 41, 44, **99**, 103,  
 106, 113, 114, **115**, 117, 125, **127**,  
 128, 129, 130, 135, 144, 150, **159**.  
 — fixe **101**, 127.  
 — Nährwert 102, 126.  
 — organische 15, 36, 41, 43, 97, 99,  
**100**, 115, 118, **119**, 125, 126, 141,  
 142, 143, 158, 160, 165.  
 — -zehrung 41, 44, **103**, 111, 126,  
**143**.  
 Schaumbildung 93, 110, 158, 159.  
 Schimmel 41.  
 Schimmelpilze **40**, 43, 77, 101, 112,  
 144, 158, 163, 165, 167, 168.  
 Schizomyceten **26**.  
 Schizosaccharomyceten **42**.  
 Schlamm 3, 99, 136, 138.  
 Schlammröste 3, **152**.  
 Schleim 78, 102, **110**, 168.  
 Schleimhefen 110.  
 Schleimhülle 25, **29**.  
 Schraubenbakterien 25.  
 Schwefel 20, **21**, 75, 149.  
 Schwefelwasserstoff 20, **99**, 137.  
 Schweiz 1.  
 Schwungflachs 13, 18, 57, **73**, 101,  
 105, **107**, 115, **121**, 122, 125, 137,  
 141, 144, 145, 164, 172.  
 Selbstreinigung, biologische **92**, 130,  
**143**, 149, 155, **160**, 161.  
 Selbstverdauung = Autolyse.  
 Senkstoffe 99, 111, **135**, 136, 161.  
 Siebröhren **11**, 22.  
 Skatol 20.  
 Sommerlandröste 163.  
 Spaltpilze **26**.  
 Spermatozoid 41.  
 Spezies **38**, 50.  
 Spindelform 27, 46, **52**.  
 Sporangium **27**, 40, 51, 53, 65, 168.  
 Sporen **37**, **55**, 57, 62, 90, 104.  
 — Arthro- 28.  
 — Bakterien- 25, **26**, 27, 29, **41**,  
 137, **145**, 156.  
 — Endo- **28**, 40, 42.  
 — Exo- 41.  
 — -haut 28.  
 — -keimung **28**, 34, 40, 43, 56, 79, 88.  
 — Konidien- 41.  
 — -mutterzellen **27**.  
 — Reifen **27**.  
 Sporenbildner, aérobe **104**, 105, 143,  
 144, **145**, 157, 158.  
 Sproßpilze 42, **43**, 77.  
 Sprossung **42**, 111.  
 Stäbchen **25**, 53, 57, 58.  
 Stärke **18**, 30, 32, 41, 47, 48, 49,  
 66, 68, 76, 94, 119, 120, 143.  
 Sterilisieren **37**, 53.  
 Stickstoff **33**, 54, 78, **93**, **116**, 136.  
 — -bedarf 31, 32, 44, 75, 98.  
 — -bindung 79.  
 — -verbindungen 14, **20**, 32, 58, 158,  
 171.  
 Stickstofffreie Substanzen **14**.  
 Stoffe 72, 115.  
 — anorganische 75, 76.  
 — Austausch 75, **82**, 86, **128**, 132,  
 135.  
 — leicht vergärbare 89, 94, **117**,  
 143, 168, 172.  
 — reduzierende 76, 89, 96, 117, 120,  
 161, 164.  
 Stoffwechsel **31**, 75, 87, 93, 101,  
 102, 120.  
 Stoffwechselprodukte 26, **30**, 57, 94,  
 106, 112, 114, **116**, 119, **124**, 125,  
**127**, 128, 132, 135, 139, **141**, 144,  
 149, 150, 153, 155, 160, **163**, 164.  
 Stolonen 65.  
 Strohflachs 54, 74, 79, 88, 96.  
 Symbiose **32**, 34, 48, 60, 107, 147,  
 165, 168.  
 System d. Bakterien **39**, 50, 63, **124**.  
 148.  
 Tannin 76.  
 Tauröste 1, 3, 20, 23, 40, 64, 67,  
 68, 70, 77, 111, 112, 147, 152,  
**163**, 165.

Tauröste-Feuchtigkeit **163**, 166, 167, **169**, **170**.

Taurösterreger = Pilze.

Temperatur 27, 31, **36**, 41, 66, 94, 98, 102, 138, 147.

Temperatur bei d. Röste 64, 68, 72, 78, 80, 88, **94**, 95, 116, **124**, **147**, 149, 150, 156, 167, 170.

— bei d. Trocknung 133, **141**.

Tetragalakturonsäure 15.

Tochterzellen 24, 26, 40, 56.

Torulaceen 42, **44**, **110**.

Traubenzucker = Glukose.

Trocknung, künstliche 57, 91, 102, **103**, 122, 127, 133, **141**, 142, 146, 165.

— natürliche 96, 105, **142**.

Trommelschlägerform 27, 136.

Tropfkörper, biologische 160.

Trypsin 48.

Überröste 13, **14**, 17, 68, 70, **88**, **123**, **132**, **135**, **137**, 141, 142, 146, 154, **156**, **159**, **166**, 169, 172.

Umsetzungsprodukte 30, 87, 115, 125, 144, 151.

Untergrund = Röstbett.

Untersuchungen 148.

— biologische 97, 113, **114**, 115, 144.

— chemische 115.

— mikroskopische 56, 87, 101, 107, 119, 128, 135, 138, **164**, 171.

Urocephalum 52.

Vakuolen 43.

Valeriansäure 100, 115, 116, 120, 127.

Varietäten **39**, 48, **50**, 64, 67, **79**, 103, 105, 106, 153.

Vegetationsperiode 54, 90.

Verholzung **16**, 17, 121, 122, 131, 171.

Vermehrung

— Organismen in d. Röste 74, 79, **85**, 88, 93, 94, **96**, 106, **113**, 114, 118, **121**, **129**, 131, 139, 149, 157, 165, 169.

Verwandschaft 106.

Verwesung 100, 150, 154, 160.

Vorflora 75, 113, **118**, 119, 129.

Vorfluter 161.

Vorkultur **147**, 157.

Wachse 19, 30.

Wärmeentwicklung **123**, 124, 143, 144, 151, **172**.

Warmwasserbassinröste 7, **72**, 80, 88, 89, 111, 114, 119, 124, 125, 133, **140**, 147, 156.

Warmwasserröste 40, 54, 77, 82, **116**, 139 149, 150, 171.

Wasser

— Bewegung 82, 111, 130, **134**, 150, 153, 155, 159.

— -druck 78.

— -erneuerung 72, 74, 84, 89, **91**, 99, 121, **123**, **128**, 129, **134**, 135, 139, 140, 141, 146, 149, 150.

— Färbung 73, **82**.

— -menge = Flottenverhältnis.

— Reinheit 82, **91**, **134**, **140**, 149, 152, 155, 167.

— Wiederbenutzung 82, **84**.

Wasserbakterien **97**, 99.

Wasserröste 1, 3, 20, 23, 34, **40**, 42, 58, 59, 68, **70**, 111, 143, 162, 163, 165, 170, 172.

Wasserstoff 60, **93**, 97, 116, 120, 137, 138.

Westfalen 3.

Winterlandröste 66, 163.

Witterung 15, 90, 107, 133, 162, **163**, 167, 171.

Zellkern 29, 41, 42.

Zellobiose 17.

Zellulase 137.

Zellulose 12, **14**, 17, 30, 32, 47, 48, 49, 60, 66, 131.

Zellulosezersetzer 47, 68, 88, **137**, **138**, 171.

Zellulosezerstörung 47, 66, 68, **87**, **136**, 167, 169.

Zellwand **12**, 16, 42, 75, 86, 137.

Zersetzungen 22, 36, 76, 78, 80, 87, **100**, 111, 117, 122, 126, 127, 132, 135, 148, 149, 159, **160**.

Zuckerarten 4, **18**, 30, **32**, 35, 43, 58, 74, 75, 76, 115, 117, 120, **164**, 168.

Zygosporen 65, 66.

Zylinderform 52.

Zymase **30**, 31.

**S. HIRZEL**



**IN LEIPZIG**

# **Mikroskopische Warenprüfung**

**Eine Anleitung  
zum Untersuchen strukturzeigender Waren**

von

**Edw. A. Sasserath**

VIII u. 52 Seiten mit 70 Mikrophotographien nach Präparaten des  
Verfassers auf 46 Tafeln.

## **Aus dem Inhaltsverzeichnis:**

Pflanzliche Spinn- und Faserstoffe. / Tierische Spinn- und Faserstoffe.  
Chemisch und mechanisch hergestellte Spinn- und Faserstoffe. / Hölzer usw.

**D**ie vorliegende mikroskopische Warenprüfung behandelt eine Auswahl von Waren, welche als Rohstoffe, Halb- oder Ganzfabrikate eine wesentliche Rolle im Welthandel spielen, und zwar nur solche Untersuchungsobjekte, die allein schon durch ihre Struktur ohne chemische Kenntnisse durch das Mikroskop bestimmt werden können. Auf das Vorhandensein aller typischen Merkmale einer Ware in einem einzigen mikroskopischen Gesichtsfelde wurde besonderer Wert gelegt. Die Herstellung der Präparate mit erprobten, einfachen Hilfsmitteln und die typischen Merkmale wurden so beschrieben, daß es jedem Interessenten leicht möglich ist, sich selbst die erforderlichen Fertigkeiten in der mikroskopischen Erkennung der Waren anzueignen.

---

In Ganzleinen gebunden Grundzahl M. 6.— mal Schlüsselzahl des Börsen-  
vereins Deutscher Buchhändler.

I 23 E.

**S. HIRZEL**



**IN LEIPZIG**

# Faserforschung

**Zeitschrift  
für Wissenschaft und Technik  
der Faserpflanzen und der Bastfaserindustrie**

Herausgegeben vom Forschungsinstitut Sorau N.-L.  
des Verbandes Deutscher Leinen-Industrieller e. V.

Schriftleitung:

Prof. Dr. Friedrich Tobler und Dr. Ernst Schilling

Die „Faserforschung“ ist die Fortsetzung der seit 1919 erscheinenden „Mitteilungen des Forschungs-Instituts für Bastfasern in Sorau“. Das im Laufe des Jahres 1920 neu organisierte Forschungs-Institut umfaßt mit dem Rahmen seiner Arbeiten die gesamte Wissenschaft und Technik, soweit ihr Gegenstand die Bastfasern sind. Die „Faserforschung“ soll aus allen einschlägigen Gebieten das Wissenswerte und der Zusammenfassung Bedürfnisse in sich schließen und Wissenschaft und Industrie zugänglich machen.

Über die Arbeit des Forschungs-Instituts hinaus vereinigt sie auch die Arbeiten anderer Wissenschaftler und Techniker, auch solcher, die nicht mit Forschungsstellen in Berührung stehen, und hilft dadurch einen klaren Überblick über den gegenwärtigen Stand der Forschungen, die Faserpflanzen und Fasern zum Gegenstand haben, zu gewinnen.

Die Landwirtschaft wird mehr noch als bisher dem Anbau und der Züchtung ihre Aufmerksamkeit zuwenden müssen, um hochwertige Erzeugnisse zu erzielen und den Anbau ertragreich zu gestalten; aber auch die Pflanzenfasern bearbeitenden Industrien wie auch die sie beliefernden Maschinenfabriken werden im gegenwärtigen Wirtschaftskampf aus den Ergebnissen der neuesten Forschungen stets den größten Nutzen ziehen.

---

Mit dem Jahr 1923 tritt die Zeitschrift in ihrer neuen Fassung den III. Jahrgang an. Preise bitte beim Verlag zu erfragen. Es erscheinen jährlich 4 Hefte.

1 23 E.